# CONIGTI

IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

1º A 06 DE OUTUBRO DE 2018

URI ERECHIM // ERECHIM // RIO GRANDE DO SUL // BRASIL

# ANAIS

PATROCÍNIO DIAMANTE

TOP FORMATURAS E EVENTOS

PATROCÍNIO PRATA

ENGIE

O2

PRINTUP3D

indra Insumos agrícolas

CAU/RS Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Rio Grande do Sul

PATROCÍNIO OURO

Cavaletti CADEIRAS PROFISSIONAIS

ELEVITTÁ

PATROCÍNIO BRONZE

ibis HOTELS

LIION TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO

CARVALHO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E ACABAMENTOS

REALIZAÇÃO:

URI ERECHIM

CONIGTI

4th International Congress of Management, Technology and Innovation

October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil

URI ERECHIM

C749a Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação URI (CONIGTI)
(4. *: 2018: Erechim, RS*)
Anais [recurso eletrônico] : / IV Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação URI (CONIGTI). - Erechim, RS, 2018.
1 recurso online.
ISBN: 978-85-7892-151-4
Modo de acesso:
< http://www.uricer.edu.br/site/informacao.php?menu_superior_adicional=18>
Título da página da Web (acesso em: 30 ago. 2018).

Evento realizado na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim.

"Organização: Arthur Bortolin Beskow; Leandro Márcio Langoski; Cristiano Vitorino da Silva. "

1. Engenharias – interdisciplinaridade 2. Tecnologia e inovação 3. Mostra Científica I. Título

CDU: 62(063)

Catalogação na fonte: bibliotecária Sandra Milbrath CRB 10/1278

## COMISSÃO ORGANIZADORA E CIENTÍFICA

ADILSON LUIS STANKIEWICZ
ADRIANA TROCZINSKI STORTI
ALDECIR JOSÉ THEODORO
ALESSANDRO VALMORBIDA
ALEXANDER JUNGES
AMITO JOSÉ TEIXEIRA
ANA LAURA NICOLETTI CARVALHO PETRY
ANTONIO SERGIO DO AMARAL
ARTHUR BORTOLIN BESKOW
CAMILA SAMPAIO DOS REIS
CASSIANO COMERLATO
CÁSSIO LUCIANO BARATIERI
CLARICE STEFFENS
CRISTIANO VITORINO DA SILVA
CRISTINA VITORINO DA SILVA
DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA
DARCÍ LUIZ KUIAWINSKI
DARLENE CAVALHEIRO
DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS
DEISE TREVIZAN PELISSARO
ED WILSON SCHNEIDER
ELISANE TERESINHA BRANDT
ELVIS WISNIEWSKI
EUNICE VALDUGA
EVERTON SOARES PIVOTTO
FELIPE ROMAN CENTENO
FERNANDA DAL MASO CAMERA
FERNANDO SERGIO MAZON
GEAN DELISE L. P. VARGAS
GECIANE TONIAZZO BACKES
GIANA LISA ZANARDO SARTORI
GILSON FRANCISCO PAZ SOARES
GIOVANA CRISTINA CENI
GLÊNIO LUIS DE VASCONCELLOS RIGONI
GUILHERME VICTOR VANZETTO
GUILHERME VIEIRA BRAGA LEMOS
IGNACIO VIEITEZ
ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES
IVANA KARINE AVER
JAIRO NOVELO RIGO
JAMILE ZENI
JANAÍNA RIGO SANTIN
JANESCA MANSUR GUEDES
JARDES BRAGAGNOLO
JESSICA ANDRADE MICHEL
JESSIE CARVALHO BRUHN
JOSE LUIS RODRIGUEZ BROCHERO
JULIANA BARBOSA
JULIANA FACCIN DE CONTO
JULIANA STEFFENS
JULIANO HAWRYLUK
JULIO CESAR BRANCHER
JUNIOR LUIZ DE SOUZA
KATIA BERNARDO GUSMÃO
LAURA VILLALBA
LEANDRO MARCIO LANGOSKI
LUCIANA DE NAZARÉ PINHEIRO CORDEIRO
LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO
LUCIANO ALVES DOS SANTOS
LUÍSA SOPAS ROCHA BRANDÃO
LUIZ UBIRATAN HEPP
MAÍRA OLIVEIRA PIRES
MARCELO MIGNONI
MÁRCIA BAIRROS DE CASTRO
MARCIO WALBER
MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA
MARIA LUIZA SPERB INDRUSIAK
MARINÊS LANGOSKI
MAURO ANTÔNIO DE ALMEIDA
MIRIAM SALETE WILK WISNIEWSKI
MORGANA KARIN PIEROZAN
NATALIA NAKADOMARI BULA
NATALIA PAROUL
OSÉIAS MATIAS DE OLIVEIRA ESMELINDRO
PAOLA MENDES MILANESI
PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA
RAQUEL PAULA LORENSI
ROBERTA FÁTIMA NEUMEISTER
ROBERTA GRENDENE
RODRIGO ANDRÉ CECHETT
ROGÉRIO LUIS CANSIAN
ROGÉRIO MARCOS DALLAGO
ROSICLER COLET
SÉRGIO HENRIQUE MOSELE
SIMONE GASPERIN DE ALBUQUERQUE
SUELEN CRISTINA VANZETTO
TANCREDO WESTPHAL JUNIOR
THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER
VANESSA TIBOLA DA ROCHA
VERA MARIA CALEGARI DETONI

# CONIGTI

## Apresentação

O IV Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação integra diversos cursos, de diferentes áreas do conhecimento, além da possibilidade de promover a internacionalização.

Em paralelo ao evento, ocorrem este ano o XI Seminário Estadual de Engenharia Mecânica e Industrial, oferecido pela ABEMEC (Associação Brasileira de Engenheiros Mecânicos) e o IX Integrafisio, ofertado pelo Curso de Fisioterapia da URI Erechim.

## Objetivos

- Complementar a formação acadêmica dos estudantes;
- Abordar temas novos ou não contemplados na grade curricular dos cursos;
- Permitir o contato dos participantes com pesquisadores e profissionais de outras instituições e empresas, visando intercâmbio e expansão de conhecimentos nas mais diferentes áreas;
- Estabelecer contato direto com a aplicação do conhecimento científico por meio de minicursos teórico/práticos;
- Incentivar os discentes a efetuar pesquisa e divulgar seus trabalhos à comunidade científica.

## Realização

URI
ERECHIM

**APOIO:**

ABEMEC-RS

Ágape Cervejaria

alfa Cooperar é evoluir

BADALOTTI GESSO Decoração para seu ambiente Transformando clientes em amigos

BARÃO Erva Mate e Chás

GraPol® móveis para escritório

KERBERMIX NOSSO PRODUTO É CONCRETO

MIGAÇOS

PAVERMAX Evolução em pavimentação de concreto

progettare.

ROXOR®

weg

# TRABAHOS


| | | | |
|---|---|---|---|
| **ADMINISTRAÇÃO: ESTRATÉGIA, GESTÃO E OPERAÇÕES EMPRESARIAIS** | | | |
| 1 | LEANDRO MARCIO LANGOSKI | SISTEMAS PRODUTO-SERVIÇO: A BUSCA DE UM FUTURO SUSTENTÁVEL | 40 |
| **AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA: AGRONEGÓCIOS** | | | |
| 2 | ALESSANDRO DAPONTE<br>FABIANO POLLONI<br>VICTOR ANDRÉ VARIANI<br>AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA<br>ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA | FERRUGEM ASIÁTICA E MOFO BRANCO NA SOJA | 47 |
| 3 | ANA LUISA GAYGER<br>CRISTHIAN DOS SANTOS TEIXEIRA<br>VANDERLEI SECRETTI DECIAN<br>TANISE LUISA SAUSEN | COBERTURA VEGETAL E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS E FRAGMENTOS FLORESTAIS NATIVOS E IMPLANTADOS. | 52 |
| 4 | BRENDA TORTELLI<br>MÁRCIO PAULO MEZOMO<br>RODRIGO JOSÉ TONIN<br>PAOLA MENDES MILANESI | TRATAMENTO QUÍMICO E BIOLÓGICO EM SEMENTES DE FEIJÃO INOCULADAS COM SCLEROTINIA SCLEROTIORUM | 56 |
| 5 | BRENDA TORTELLI<br>PÉRICLES ROBERTO STEFFEN<br>LUCAS ANDREI FAVARETTO<br>DEIVID SACON<br>PAOLA MENDES MILANESI | SEVERIDADE DE MANCHA BRANCA E RENDIMENTO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS | 62 |
| 6 | VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA<br>THAIS FERNANDA FORATTI<br>LUCAS ADONA<br>TIAGO SYCHOCKI<br>VANDERLEI CARLOS VEIGEL<br>MARÍLIA SILVA | ENTOMOFAGIA | 67 |
| 7 | VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA<br>VANDERLEI CARLOS VEIGEL<br>AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA<br>MAURO ANTONIO DE ALMEIDA<br>ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>SANDRA PIOVESAN<br>RICATI LIMA MAJEWSKI<br>PATRÍCIA TUSSI | LISINA NA NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS | 71 |
| **AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA: IRRIGAÇÃO** | | | |
| 8 | MATHEUS MARCON PERTILE<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>RAQUEL PAULA LORENSI | IRRIGAÇÃO DE PIMENTA BIQUINHO (CAPSICUM CHINESE L.) POR GOTEJAMENTO | 76 |
| 9 | MAURICIO HENRIQUE BERTON<br>JAKSON ALEXANDRE MAY<br>RAQUEL PAULA LORENSI<br>JARDES BRAGAGNOLO<br>AMITO JOSE TEIXEIRA<br>MAURICIO HENRIQUE BERTON | COMPARAÇÃO DO MILHO EM SEQUEIRO E IRRIGADO COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO | 80 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10 | MAURÍCIO OBERDÖRFER<br>MARCELO RAKOSKI<br>MÁRCIO WALBER<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JUNIOR | PROJETO DE UM FILTRO AUTOMÁTICO PARA RETIRADA DE FOLHAS DA SUCÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO | 85 |
| 11 | RAQUEL PAULA LORENSI<br>ALEX SANDRO SARTORI<br>JULIO CESAR BRANCHER<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>MAURÍCIO HENRIQUE BERTON<br>JOSIELI FATIMA VESOLOSKI<br>CASSIARA FATIMA BEZ | CULTIVO DE BRÓCOLIS COM DIFERENTES DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO EM ESTUFA | 91 |
| 12 | RAQUEL PAULA LORENSIRONALDO DAL PRÁ CALGAROTTOAMANDA AVOZANI JARDES BRAGAGNOLOPAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA | ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL | 96 |
| **AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA: FRUTICULTURA** | | | |
| 13 | FRANCINE FALCÃO DE MACEDO NAVA<br>FRANCINE SPITZA STEFANSKI<br>EDIANE RONCAGLIO BASEGGIO<br>SÉRGIO MIGUEL MAZARO<br>DENISE CARGNELUTTI<br>PAOLA MENDES MILANESI | ÁCIDO SALICÍLICO E EXTRATOS VEGETAIS INDUZEM RESISTÊNCIA À PODRIDÃO MOLE EM PÓS-COLHEITA DE MORANGO | 102 |
| **AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA: MÁQUINAS AGRÍCOLAS** | | | |
| 14 | JARDES BRAGAGNOLO<br>LUCIANO HENRIQUE CARVALHO<br>RAQUEL PAULA LORENSI<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>TEILOR TIAGO ZELIK<br>LUAM JOSÉ BAMPI<br>JAKSON ALEXANDRE MAY | QUALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE CALDA POR PULVERIZADORES AGRÍCOLAS DE BARRAS NO MUNICÍPIO DE QUATRO IRMÃOS-RS | 109 |
| **AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA: PRODUÇÃO ANIMAL** | | | |
| 15 | CHARLES MATEUS RÖRIG<br>AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA<br>ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA<br>MAURO ANTONIO DE ALMEIDA<br>SANDRA PIOVESAN<br>RICATI LIMA MAJEWSKI<br>PATRÍCIA TUSSI<br>JARDES BRAGAGNOLO | AVALIAÇÃO TÉCNICA DE DIFERENTES LOTES DE FRANGOS DE CORTE NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI GAÚCHO | 115 |
| 16 | JOSIELE CARLA ZACHARCZUK<br>AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA<br>ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA<br>MAURO ANTONIO DE ALMEIDA<br>SANDRA PIOVESAN<br>RICATI LIMA MAJEWSKI<br>PATRÍCIA TUSSI | AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE DA LINHAGEM COBB | 121 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17 | MAIARA TATIANA TOMAZONI<br>HORN, MARIA EDUARDA MOLOSSI<br>SANTOS, PATRICIA FÁTIMA DOS<br>PICOLI, GEISON JOSÉ WILK DE<br>TOMKELSKI, INDIANARA CECILIA<br>UTTEICH, NICOLAS GABRIEL<br>BISOL, NATÁLIA PAOLA<br>DA SILVA, PAOLA CRISTINA ZUCCI<br>LUCINI, RICARDO LUIZ<br>SALVI, MIGUEL HENRIQUE<br>TOMAZONI, MAIARA TATIANA | CONTAGEM DE BACTÉRIAS TOTAIS EM POSTO DE RECEBIMENTO DE LEITE | 126 |
| 18 | PAOLA CARLA VALDUGAGRAZIELLE<br>CAMPOS BURYFERNANDA DARIVALAURA<br>BETTEGA DEGGERONEÂNGELA SIGNOR<br>BACKESTICIANY MARIA DIAS<br>RIBEIROELISANDRA ANDRÉIA<br>URIOELISANDRA M. FRESCHILISIANE<br>BORGES SILVAROGÉRIO PARIZZIGABRIEL<br>RIBAS PEREIRA | ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL PARA VACAS DE LACTAÇÃO INTRODUZIDAS EM SISTEMA FREE STALL | 131 |
| 19 | PATRÍCIA TUSSI<br>DIEGO MORGAN DELLAGOSTIN<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA<br>MAURO ANTÔNIO DE ALMEIDA<br>GILBERTO PEREIRA<br>TAMIRES DURANTI GASS | COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO REPRODUTIVO EM GRANJAS PRODUTORAS DE SUÍNOS QUE UTILIZAMDIFERENTES PRATICAS DE MANEJO | 137 |
| 20 | SANDRA MARA PIOVESAN<br>MICHELE BARP<br>DIEIZON CALEFFI<br>GABRIEL FASSINA<br>GABRIEL TORTELLI<br>MATEUS MARIGA PRESOTTO<br>DANIELA DOS SANTOS DE<br>MAURO ANTONIO DE ALMEIDA<br>JULIANA BARBOSA<br>AMITO TEIXEIRA | ANÁLISE DE SISTEMA DE CONFINAMENTO TIPO COMPOST BARN | 141 |
| **AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA: PRODUÇÃO VEGETAL** | | | |
| 21 | AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>MAIQUEL GROMANN<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA<br>MAURO ANTONIO DE ALMEIDA<br>ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA<br>SANDRA PIOVESAN<br>RICATI LIMA MAJEWSKI<br>PATRÍCIA TUSSI<br>JARDES BRAGAGNOLO | ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA ALFAFA | 146 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 22 | AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>SANDRA PIOVESAN<br>VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>MAURO ANTONIO DE ALMEIDA<br>ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA<br>JAKSON ALEXANDRE MAY<br>RICATI LIMA MAJEWSKI<br>PATRÍCIA TUSSI<br>JARDES BRAGAGNOLO | TIFTON 85, JIGGS E AMENDOIM FORRAGEIRO SUBMETIDOS A DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA | 151 |
| 23 | ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>DAIANA MARA BEVILAQUA<br>AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>JARDES BRAGAGNOLO<br>MATHEUS GIACOMONI<br>FABRICIO FOIATTO<br>TALIS CLAITON MALACARNE | UTILIZAÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA DO MILHO | 156 |
| 24 | ANTONIO SERGIO DO AMARALMATHEUS GIACOMONIAMITO JOSÉ TEIXEIRAPAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA JARDES BRAGAGNOLORAQUEL PAULA LORENSI DAIANA MARA BEVILAQUA TALIS CLAITON MALACARNEFABRÍCIO FOIATTO | AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS NITROGENADOS NA CULTURA DA SOJA | 161 |
| 25 | JARDES BRAGAGNOLO<br>VILMAR MATIACK JUNIOR<br>RAQUEL PAULA LORENSI<br>DEIVID SACON<br>LUCAS ANDREI FAVARETTO<br>PAOLA MENDES MILANESI<br>LUAM JOSÉ BAMPI | AVALIAÇÃO DA COBERTURA DE FUNGICIDAS EM SOJA COM DIFERENTES PONTAS DE APLICAÇÃO | 165 |
| 26 | JÉSSICA CRISTINA BACKES<br>MARCIANA BRANDALISE<br>FRANCIELE ROSSET DE QUADROS<br>IVAN LUÍS ROVANI<br>VANDERLEI SECRETTI DECIAN | EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE RHIZOBIUM TROPICI SOB DIFERENTES APLICAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM (PHASEOLUS VULGARIS L.) | 171 |
| 27 | JOSIELI FÁTIMA VESOLOSKI<br>ARIEL MATEUS BANDIERA<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>JARDES BRAGAGNOLO | PRODUÇÃO DE MUDAS DE MELÃO EM DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS COMERCIAIS | 177 |
| 28 | KETLIN LOLATTO<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>ALESSANDRO VINÍCIUS COLUSSI<br>VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA<br>JARDES BRAGAGNOLO<br>RAQUEL PAULA LORENSI<br>MÁRCIO LUIS SZCZEPANIK<br>GUILHERME ZANETTE<br>LUCAS ADONA | AVALIAÇÃO DE UMA COMPOSIÇÃO FORRAGEIRA MULTI-ESPÉCIES DE PRONTO USO | 181 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 29 | LUCAS ADONA<br>VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA<br>TIAGO SYCHOCKI<br>VINÍCIUS MATEUS SEHABER<br>MAICON AUGUSTO LUSSANI<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA | USO DE FERTILIZANTE FOLIAR NA PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA | 186 |
| 30 | MICHELE FOCHESATTO<br>ALESSANDRA GALINA<br>ALINE NETO<br>DEIVID SACON<br>PAOLA MENDES MILANESI | PROGRAMAS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA NA SOJA | 190 |
| 31 | MICHELE FOCHESATTO<br>DEIVID SACON<br>FRANCINE SPITZA STEFANSKI<br>ANDRÉ DEMARTINI BUENO<br>PAOLA MENDES MILANESI | INFLUÊNCIA DO ESTÁDIO DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DE MANCHA BRANCA EM MILHO | 196 |
| 32 | PAOLA MENDES MILANESI<br>MARLOVE FÁTIMA BRIÃO MUNIZ<br>RICARDO MEZZOMO<br>CACIARA GONZATTO MACIEL<br>PATRÍCIA MIGLIORINI | MÉTODOS DE INFESTAÇÃO DE SUBSTRATO COM FUSARIUM SPP. E DANOS EM PLÂNTULAS DE CRAMBE | 200 |
| 33 | PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHAGIOVANI BOLSON GOMES JARDES BRAGAGNOLOSERGIO HENRIQUE MOSELEAMITO JOSÉ TEIXEIRA ANTONIO SERGIO DO AMARALDIOGO VITALE CANOVA | ESTABELECIMENTO IN VITRO NA CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES ESTADOS FÍSICOS DO MEIO DE CULTURA E TIPOS DE LUZ | 204 |
| 34 | RICARDO SANTOLIN<br>DENER MATEUS PERIN<br>VANDERLEI SECRETTI DECIAN<br>JARDES BRAGAGNOLO<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>LUAM JOSÉ BAMPI | ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DE TRIGO COM DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO ALTO URUGUAI | 209 |
| 35 | RICARDO SANTOLIN<br>JARDES BRAGAGNOLO<br>PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA<br>ANTONIO SERGIO DO AMARAL<br>AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>LUAM JOSÉ BAMPI<br>JAKSON ALEXANDRE MAY<br>VANDERLEI CARLOS VEIGEL<br>MAICON AUGUSTO LUSSANI<br>LUCAS PIRAN PASCUETTI | MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM DIFERENTES CULTIVARES DE TRIGO NA SAFRA 2017 | 215 |
| **ARQUITETURA E URBANISMO: CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA** | | | |
| 36 | ALINE SARTORI<br>CRISTIANO VITORINO DA SILVA<br>JAKELINE OSOWSKI TOMAZI | ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS TRADICIONAL EM ALVENARIA E A SECO: INVERNO E VERÃO | 222 |
| 37 | DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS<br>SARA ROESLER | A RELAÇÃO ENTRE AS INTERFERÊNCIAS DO AMBIENTE CONSTRUÍDO COM GRANDES ALTURAS E SEU ENTORNO SOBRE O FLUXO DE VENTO - ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ /SC | 228 |
| 38 | DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS<br>SARA ROESLER | ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA: A RELEVÂNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL PARA O AMBIENTE CONSTRUÍDO. | 234 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 39 | MARCELA ALVARES MACIEL<br>LUAN VIEIRA DOS SANTOS<br>INGRID RODRIGUES DE OLIVEIRA | GESTÃO DA QUALIDADE SONORA URBANA: INVENTÁRIO DA PAISAGEM SONORA CONTEMPORÂNEA DE ERECHIM (RS) | 240 |
| **ARQUITETURA E URBANISMO: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL** | | | |
| 40 | ANA PAULA ZULIAN<br>LETÍCIA REGINA PEREIRA BANHARA<br>GUILHERME CEZARO MUNARETTO<br>ALESSANDRO EMILIO VALMORBIDA | ESTUDO SOBRE A OBTENÇÃO DO SELO PROCEL EDIFICA PARA EDIFICAÇÕES | 246 |
| 41 | GUILHERME CEZARO MUNARETTO<br>ANA PAULA ZULIAN<br>LETÍCIA REGINA PEREIRA BANHARA<br>ALESSANDRO EMILIO VALMORBIDA | A CONCEPÇÃO DO “RETROFIT” NOS PROCESSOS DE CICLO DE VIDA E SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES | 251 |
| 42 | GUILHERME CEZARO MUNARETTO<br>CALISIANI CATIANI AZZOLINI<br>TAINARA CONTE<br>NATALIA NAKADOMARI BULA | A MADEIRA NA ARQUITETURA DE ERECHIM HISTÓRICO E POTENCIALIDADES PARA O FUTURO | 256 |
| 43 | JESSICA ZANIVAN<br>CHARLINE BONATTO<br>CRISTIANE RENATA TESSARO<br>KARINE DA SILVA DE ANDRADE<br>JOICE BATISTA REIS<br>ÉRISSA AMÁBILE CALLIARI MACHADO GUIMARÃES<br>DÉBORA REGINA SCHNEIDER LOCATELLI<br>EDUARDO PAVAN KORF<br>LIERSON BORGES DE CASTRO | EDUCAÇÃO AMBIENTAL E CIDADANIA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE GAURAMA/RS | 261 |
| 44 | JESSICA ZANIVANCHARLINE BONATTODEISE PALUDO EDUARDO PAVAN KORF DÉBORA REGINA SCHNEIDER LOCATELLI | ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PLANO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM EVENTOS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE GAURAMA/RS | 265 |
| 45 | VANESSA TIBOLA DA ROCHA<br>JANAINA MAZUTTI<br>GIOVANA REGINATTO<br>VANESSA TIBLOA DA ROCHA<br>LUCIANA LONDERO BRANDLI | MONITORAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE GERADORES ELÉTRICOS À DIESEL ESTUDO DE CASO EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO | 272 |
| **ARQUITETURA E URBANISMO: ENSINO E PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO** | | | |
| 46 | NATALIA NAKADOMARI BULA<br>MELISSA LAUS MATTOS | ESPAÇOS PARA HABITAR: REFLEXÕES SOBRE O PROJETO DE INTERIORES RESIDENCIAIS | 279 |
| 47 | VANESSA TIBOLA DA ROCHA<br>VANESSA TIBOLA DA ROCHA<br>ROBERTA GRENDENE | DESAFIOS DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO: FOCO NAS DISCIPLINAS DE PROJETO ARQUITETÔNICO | 283 |
| **ARQUITETURA E URBANISMO: QUALIDADE DO PROJETO** | | | |
| 48 | CRISTIANE FÁTIMA STOLARSKI | A RELEVÂNCIA DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM AO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL | 288 |
| 49 | DIENIFER SECCHI<br>SARA ROESLER<br>DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS | RELAÇÃO DA ARQUITETURA E ERGONOMIA NA AVALIAÇÃO DO ESPAÇO CONSTRUÍDO | 294 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 50 | GABRIELA OCHIAL STANKIEWICZ<br>SARA ROESLER<br>DARLLAN FABIANI | ACESSIBILIDADE NA UNIVERSIDADE: AVALIAÇÃO IN LOCO DA DIMENSÃO INFRAESTRUTURA | 300 |
| 51 | SARA ROESLER<br>DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS<br>DIENIFER SECCHI | RELAÇÕES ENTRE A AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO ESPAÇO PELOS USUÁRIOS E O AMBIENTE CONSTRUÍDO | 306 |
| **ARQUITETURA E URBANISMO: TEORIA E HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DO URBANISMO** | | | |
| 52 | ANA RITA CECHIN<br>KAREN PRISCILA DOS SANTOS SILVA<br>MANOELA FATIMA ARTUZI<br>VANESSA TIBOLA DA ROCHA | CHRISTOPHER WREN E O BARROCO NA INGLATERRA | 314 |
| 53 | CAMILA RUGGINI BALLARDIN<br>CAMILA RUGGINI BALLARDIN<br>LETÍCIA NADAL ROSSETTO<br>ROBERTA APARECIDA THEODORO DE LIMA<br>VANESSA TIBOLA DA ROCHA | ENTENDENDO AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DA CÚPULA DA CATEDRAL DE FLORENÇA | 320 |
| 54 | IVANA KARINE AVER | DESENHO URBANO: ANTECEDENTES HISTÓRICOS | 326 |
| 55 | IVANA KARINE AVER | PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL COM PARTICIPAÇÃO SOCIAL | 331 |
| 56 | KETLIN BERNARDETE POLO<br>VANESSA TIBOLA DA ROCHA | HISTÓRIA DO MODERNISMO NA ARQUITETURA E SUA INFLUÊNCIA ATUAL | 337 |
| 57 | LIANDRA BERNARDI<br>BRUNA ISADORA PARMEGGIANI<br>VANESSA TIBOLA DA ROCHA | ROMA BARROCA E OS ESPAÇOS URBANOS | 341 |
| **ARQUITETURA E URBANISMO: URBANISMO: INSERÇÃO URBANA E INFRAESTRUTURA URBANA** | | | |
| 58 | ALESSANDRO EMILIO VALMORBIDA | ESTUDO SOBRE O USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NO CONTEXTO URBANO | 348 |
| 59 | CHAELIN DALL\'AGNOL FIORENTIN<br>MATEUS MORENO SUBTIL DOS ANJOS DE SOUZA | A QUADRA ABERTA COMO FERRAMENTA DE COMBATE AOS VAZIOS INTERSTICIAIS URBANOS. | 354 |
| 60 | JESSICA ANDRADE MICHEL<br>MICHELE ROCHA REOLÃO | ACESSIBILIDADE: CONCEITOS E ABRANGÊNCIA | 360 |
| 61 | LAURA CAMPAGNA BASSO<br>LAURO ANDRÉ RIBEIRO | AGRICULTURA URBANA: TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS E A INFRAESTRUTURA DA CIDADE | 366 |
| 62 | LETÍCIA REGINA PEREIRA BANHARA | URBANISMO SUSTENTÁVEL: ANÁLISE DO CONTEXTO HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO | 372 |
| 63 | NATÁLIA MORETTO BASSO<br>DAIANE CLÁUDIA BIASI MIRANDA<br>EMANUELA APARECIDA JASKULSKI<br>BIANCA DO AMARAL ESMELINDRO<br>MARIELE ZAWIERUCKA BRESSAN | MOBILIDADE URBANA EM ERECHIM-RS: ANÁLISE DE VIABILIDADE DE CICLOVIA NO BAIRRO CENTRO | 378 |
| **CIÊNCIAS CONTÁBEIS: CONTABILIDADE, CONTROLADORIA E FINANÇAS** | | | |
| 64 | ALDECIR JOSÉ THEODORO<br>FABIULA WITSCHORECK CECATO<br>IDIONIR SCALABRIN<br>EDSON LUIS KAMMLER<br>RODRIGO ANDRÉ CECHET | MENSURAÇÃO DO PASSIVO TRABALHISTA: UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA PARA EMPRESA INDUSTRIAL | 385 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 65 | ALESSANDRA DURANTE<br>EDSON LUIS KAMMLER<br>ALDECIR JOSE THEODORO<br>IDIONIR SCALABRIN<br>LENISON MAROSO | ORÇAMENTO PÚBLICO: UM COMPARATIVO COM ORÇAMENTO EMPRESARIAL | 391 |
| 66 | EDSON LUIS KAMMLER<br>JORDANA ROBERTA DE GREGORI<br>VANESSA TAMANHO<br>ALDECIR JOSE THEODORO<br>IDIONIR SCALABRIN | A CONTRIBUIÇÃO DOS BENEFÍCIOS PAGOS PELA PREVIDÊNCIA SOCIAL NA ECONOMIA DOS MUNICÍPIOS DA AMAU | 397 |
| 67 | EDSON LUIS KAMMLER<br>LETICIA BALDISSERA<br>NAIANDRA DE SOUZA<br>ALDECIR JOSE THEODORO<br>IDIONIR SCALABRIN | TRANSFERÊNCIAS CONSTITUCIONAIS E SUAS CONTRIBUIÇÕES NOS INDICADORES SOCIAIS DOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL | 403 |
| 68 | IDIONIR SCALABRIN<br>DENISE TIBOLA<br>GIZIELI FÁTIMA SAMUEL CARDOSO<br>ALDECIR JOSE THEODORO<br>EDSON LUIS KAMMLER<br>RODRIGO ANDRÉ CECHETT | AVALIAÇÃO DE EMPRESAS: UM ESTUDO DE CASO DA EMPRESA KEPLER WEBER | 409 |
| 69 | IDIONIR SCALABRIN<br>MIRIAN RAMPI<br>EDSON LUIS KAMMLER<br>ALDECIR JOSE THEODORO<br>LENISON MAROSO | INVESTIMENTOS PÚBLICOS E A GERAÇÃO DE EMPREGOS NOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL | 415 |
| 70 | SAMARA FÁTIMA LUGOKENSKI<br>ALDECIR JOSE THEODORO<br>IDIONIR SCALABRIN<br>EDSON LUIS KAMMLER<br>LENISON MAROSO | REFORMA TRABALHISTA: O VOLUME DOS PROCESSOS NA JUSTIÇA DO TRABALHO DE ERECHIM | 421 |
| **DIREITO: ESTADO, SOCIEDADE, INDIVÍDUOS E INSTITUIÇÕES** | | | |
| 71 | BIANCA MOREIRA LITWIN<br>GIANA LISA ZANARDO SARTORI | (IN)FORMAÇÃO DE OPINIÃO: NARRATIVA MIDIÁTICA E DISCURSO DE ÓDIO X EXERCÍCIO DA DIVULGAÇÃO DA INFORMAÇÃO | 428 |
| 72 | DALANA BORTOLOSO<br>ALESSANDRA BIASUS | A TEORIA DA PERDA DE UMA CHANCE E SUA APLICABILIDADE NO ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO | 434 |
| 73 | FERNANDA FELLINI<br>CARLA EDUARDA DE ALBUQUERQUE SANGALLI<br>GILMAR BIANCHI | PACIÊNCIA! ESTE É O PRINCÍPIO DA INOCÊNCIA. | 438 |
| 74 | LAURA DILL | A INSTRUMENTALIDADE DO PROCESSO NA BUSCA PELA EFETIVIDADE DO SEU ESCOPO SOCIAL | 444 |
| 75 | PAULA ONGARATTO TRENTIN | O DESAFIO DE TORNAR O PROCESSO MAIS CÉLERE POR MEIO DO USO DA TECNOLOGIA | 450 |
| **ENGENHARIA CIVIL:<br>CONSTRUÇÃO CIVIL/MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO/MEIO AMBIENTE** | | | |
| 76 | ADRIANE BALDIN<br>BRUNO MARANGONI<br>SUELEN CRISTINA VANZETTO | AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) EM CONCRETO | 456 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 77 | ALESSANDRA ZALESKI<br>BRUNO MARANGONI<br>SUELEN CRISTINA VANZETTO | ANÁLISE QUÍMICA DO EFLUENTE TRATADO E SEU APROVEITAMENTO PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO | 461 |
| 78 | ANDRESSA PANIZZON<br>FRANCINE PADILHA<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA<br>DAIANE DE SENA BRISOTTO | ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO CONVENCIONAL | 465 |
| 79 | ANDREZA FRARE<br>ELISANDRO ALEXANDRE<br>CAROLINE ANGULSKI DA LUZ | AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA E MICROESTRURA DO CIMENTO SUPERSULFATADO COM ADIÇÃO DE LODO DE ETA | 471 |
| 80 | BRUNA TRES DA SILVA<br>MARCOS PAULO CIELO | ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COMO SISTEMA DE FÔRMAS DE VIGAS EM EDIFÍCIOS | 476 |
| 81 | CAMILE TOCHETTO<br>BRUNO MARANGONI<br>SUELEN CRISTINA VANZETTO | INFLUÊNCIA DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DE VIDRO MOÍDO NO CONCRETO CONVENCIONAL | 482 |
| 82 | DANIEL JOÃO CHIRNEV<br>ALESSANDRO EMILIO VALMORBIDA | ESTUDO DA APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DE QUALIDADE NO PROCESSO DE EXECUÇÃO DE ARMADURAS PARA CONCRETO DE SAPATAS, VIGAS E PILARES EM CONSTRUÇÕES DA CIDADE DE ERECHIM - RS | 487 |
| 83 | DIONATAN SCHAEFER LAUSCHNER<br>IVANICE CLADES BACK MÜLLER<br>JAIR FIORI JÚNIOR | AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA MADEIRA DURANTE INCINERAÇÃO: COMPARATIVO ENTRE ARAUCÁRIA AUGUSTIFOLIA, EUCALIPTO GRANDIS E PINUS TAEDA TRATADOS COM TINTA RETARDANTE DE CHAMAS. | 493 |
| 84 | EDUARDO LUCAS FINK<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA<br>BEATRIZ SCHIMELFENIG | ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DA AREIA INDUSTRIAL EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO NATURAL EM CONCRETOS CONVENCIONAIS | 499 |
| 85 | FELIPE RODRIGUES<br>BRUNO MARANGONI<br>SUELEN CRISTINA VANZETTO | ANÁLISE DA MISTURA DE RCD NO AGREGADO GRAÚDO PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETOS CONVENCIONAIS | 505 |
| 86 | FRANCINE PADILHA<br>GIOVANI JORDI BRUSCHI<br>JOÃO VITOR ORSO<br>PEDRO PARMIGIANI<br>VICTOR MATHEUS KOLBA<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA | REPARO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO: AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETOS DE DIFERENTES IDADES | 511 |
| 87 | GABRIEL LUIS DALLA VECHIA<br>EDÚ CIMA<br>BRUNO MARANGONI<br>SUELEN C. VANZETTO | APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA FABRICAÇÃO DE PEÇAS PARA PAVIMENTO INTERTRAVADO (PAVERS) | 517 |
| 88 | GIOVANI JORDI BRUSCHI<br>LEVINO BERTOCHI JUNIOR | RECYCLING CHALLENGES: A NEW PERSPECTIVE ON WASTE REUSE IN THE CONSTRUCTION SECTOR | 521 |
| 89 | GIOVANI JORDI BRUSCHI<br>LEVINO BERTOCHI JUNIOR | THE CONSTRUCTION OF SUSTAINABILITY: THE IMPORTANCE OF SOCIAL AWARENESS IN THE CIVIL ENGINEERING FIELD | 526 |
| 90 | GUILHERME MANFREDINI BUENO<br>EDUARDO RIMOLO CARNEIRO<br>MARCO AURÉLIO STUMPF GONZÁLEZ | SISTEMAS DE PAREDE E COBERTURA VERDE: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E BENEFÍCIOS | 531 |
| 91 | GUILHERME MANFREDINI<br>BUENOEDUARDO RIMOLO<br>CARNEIROMARCO AURÉLIO STUMPF<br>GONZÁLEZ | MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS | 537 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 92 | JANAINA MICHELLI FIORENTIN GIARETTON<br>MILENA FABIANI PINTO<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA<br>DAIANE DE SENA BRISOTTO | ANÁLISE DO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET) QUANDO SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURA | 543 |
| 93 | JOÃO ALBERTO CECHETTI<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA | ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE GESSO CONVENCIONAL E SUA SUBSTITUIÇÃO POR GESSO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 549 |
| 94 | JOÃO ALBERTO CECHETTI<br>GABRIELA ALBUQUERQUE TRÊS<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA | ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DE GESSO CONVENCIONAL POR GESSO RECICLADO PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 555 |
| 95 | JOCIANE KOBIESKI<br>NATÁLIA SMANIOTTO BACH<br>LILIANE BIOLCHI<br>JÉSSICA WOITYSIAK<br>MARINA SAKREZEWSKI<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA | AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS DE DIFERENTES IDADES | 561 |
| 96 | JULIA MARTELLI<br>DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS | ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO RCC EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL EM CONCRETO | 567 |
| 97 | KARINE MENIN<br>ÉDINA MORGAN<br>EMERSON RAFAEL GALLI<br>ALESSANDRO EMILIO VALMORBIDA | BREVE REVISÃO SOBRE O BIOCONCRETO: BACTÉRIAS RESTAURADORAS DE CONCRETO | 575 |
| 98 | LOISLENE DA SILVA | ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET) | 580 |
| 99 | LUCAS TOCHETTO<br>PAULO ROBERTO DUTRA<br>CELSO DE TOFFOL<br>TIAGO GEWINSKI<br>BRUNO ANTONIO OLIVIECKI | INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS NO DESEMPENHO DO CONCRETO SUBMETIDO A ELEVADAS TEMPERATURAS | 586 |
| 100 | MARIANA PERARDT<br>CLAUDIA REGINA BERNARDI BALDIN<br>JEFERSON TEIXEIRA OLEA HOMRICH<br>ROBERTO CARLOS CARNEIRO<br>POLYANA MARTINELL<br>MARIANA PERARDT<br>CAROLINE ANGULSKI DA LUZ | INCORPORAÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE EM CIMENTO SUPERSULFATADO | 591 |
| 101 | MARIANA PERARDT<br>CLAUDIA REGINA BERNARDI BALDIN<br>JESIANE GONÇALVES<br>ERNESTO VALDECIR GOMES JUNIOR<br>MÁRIO ARLINDO PAZ IRRIGARAY | EFEITO DO TIPO DE MATERIAL EMPREGADO NAS FORMAS DE CONCRETO NO VALOR DOS ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS | 597 |
| 102 | MARIANA ZUCCHI VARGAS<br>BEATRIZ SCHIMELFENIG<br>FRANCINE PADILHA<br>NATALIA SMANIOTTO BACH<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA | ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO CONVENCIONAL POR RESÍDUO DE BLOCOS CERÂMICOS EM CONCRETOS EMPREGADOS EM PISOS | 603 |
| 103 | MARIANA ZUCCHI VARGAS<br>FRANCINE PADILHA<br>BEATRIZ SCHIMELFENIG<br>JONAS DEMOLINER BORDIN<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA | ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE TELAS UTILIZADAS COMO REFORÇO EM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA DE FACHADA MEDIANTE A ESFORÇOS DE TRAÇÃO | 609 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 104 | MILENA FABIANI PINTOJANAINA GIARETTON BEATRIZ SCHIMELFENIGCRISTINA VITORINO DA SILVA | ANÁLISE DO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS | 615 |
| 105 | MURILO LOSS FRANZEN | AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO CAVACO DE MDF CALCINADO NA MISTURA DO CONCRETO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS PARA PAVIMENTOS INTERTRAVADOS (PAVERS) | 621 |
| 106 | PÂMELA DREWS | CARACTERIZAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE INFILTRAÇÃO EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES NA REGIÃO ALTO URUGUAI DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL | 627 |
| 107 | PRISCILA ONGARATTO TRENTIN ÉRICA CAROLINE SZYDLOSKI GABRIELA CARVALHO LAGUSTERA JEFERSON DOUGLAS BREITENBACH CAROLINE ANGULSKI DA LUZ | CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO PORTLAND | 633 |
| 108 | PRISCILA ONGARATTO TRENTIN JANAÍNA SARTORI BONINI CAROLINE ANGULSKI DA LUZ | CIMENTO SUPERSULFATADO – UMA ALTERNATIVA CIMENTÍCIA | 639 |
| 109 | RENAN SCAPINELLO BRUNNA LUNARDI BOLDRINI JÚLIA SCALABRIN | SISTEMA LIGHT STEEL FRAME COMO SOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 644 |
| 110 | RENAN SCAPINELLO MARJANA TORTELLI GUILHERME DA SILVEIRA AVENNA | PROCESSOS E APLICAÇÕES DA MADEIRA LAMINADA COLADA E DA MADEIRA LAMINADA CRUZADA COLADA | 649 |
| 111 | RENATA STRASSBURG CARINE SCANAGATTA ADRIANA PAULA DANIEL RENAN SCAPINELLO | WOOD FRAME: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL | 654 |
| 112 | RENATO DA CONCEIÇÃO NATAN PEDOTT LANSANA ALIAN R. PAESE PAULO SÉRGIO OLDONI | AVALIAÇÃO PATOLÓGICA EM PONTES DE CONCRETO ARMADO - ESTUDO DE CASOS DE OBRAS SITUADAS NO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL | 659 |
| 113 | RICARDO CAIAN CRESTANI TAINARA CONTE FABIANO DA SILVA JORGE | ANÁLISE LABORATORIAL DE DESEMPENHO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE ADITIVADO E APLICADO A FRIO | 665 |
| 114 | RODRIGO VON DENTZ KELI VECHIATO KEMPFER VINICUS ANDRÉ TOCHETTO | AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA UTILIZAÇÃO DE PASTA PARA A ADERÊNCIA DE CONCRETOS COM DIFERENTES IDADES PARA RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO | 671 |
| 115 | ROSANA SALETE DALLAGNOL MARCOS PAULO CIELO | ESTUDO PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS COM A INCORPORAÇÃO DE GARRAFAS PET | 677 |
| 116 | RUBEM ENEDIR MACHADO SILVEIRA GUILHERME MANFREDINI BUENO MARCO AURÉLIO STUMPF GONZÁLEZ | A IMPORTÂNCIA DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 682 |
| 117 | SUÉLI CARINE KLEIN GILSON FRANCISCO PAZ SOARES | ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DIMENSÃO DO BLOCO CERÂMICO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS ESTRUTURAIS | 688 |
| 118 | TAMIRES SUANI CALGARO MATEUS ARLINDO DA CRUZ THAÍS AQUINO DOS SANTOS FÁBIO DISCHKALN DO AMARAL | MELHORAMENTO QUÍMICO DE SOLO RESIDUAL DE BASALTO COM CIMENTO PORTLAND PARA FINS DE UTILIZAÇÃO NA CAMADA DE SUB-BASE | 693 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ENGENHARIA CIVIL: GEOTÉCNICA/ESTRADAS/PAVIMENTAÇÃO/TRANSPORTES** | | | |
| 119 | BRUNA REGINA JANISH<br>FABIANO DA SILVA JORGE | ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE BASE DE BRITA GRADUADA SIMPLES COM ADIÇÃO DE ADESIVO DE SILICONE NEUTRO. | 700 |
| 120 | GILSON FRANCISCO PAZ SOARES<br>GIOVANI JORDI BRUSCHI | THE FUTURE CHAPTER OF A FORGOTTEN PAST: AN ANALYSIS OF THE BRAZILIAN RAILWAY POTENTIAL | 706 |
| 121 | GILSON FRANCISCO PAZ SOARESGIOVANI JORDI BRUSCHI | MEASUREMENT OF SOIL QUALITY FOREFRONT BIOLOGICAL, CHEMICAL, PHYSICAL AND VISUAL INDICATORS | 712 |
| 122 | MATEUS ARLINDO DA CRUZ<br>TAMIRES SUANI CALGARO | ESTUDO DA CAPACIDADE DE ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE UM NEOSSOLO LITÓNICO COM USO DE CAL DOLOMÍTICA PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO | 716 |
| **ENGENHARIA CIVIL: HIDRÁULICA/HIDROLOGIA/SANEAMENTO** | | | |
| 123 | JESSICA ANDRADE MICHEL<br>LUCIANA LONDERO BRANDLI<br>ROSA MARIA LOCATELLI KALIL | IDENTIFICAÇÃO DA RECORRÊNCIA DE ENXURRADAS NA REGIÃO FUNCIONAL DE PLANEJAMENTO NOVE NO RIO GRANDE DO SUL | 723 |
| **ENGENHARIA CIVIL: MECÂNICA DOS SÓLIDOS/ESTRUTURAS** | | | |
| 124 | AMANDA MARILIA SCHEUCHUK<br>GILSON FRANCISCO PAZ SOARES | ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS RESISTÊNCIAS DO BLOCO E DO GRAUTE NA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCO ESTRUTURAL CERÂMICO | 730 |
| 125 | LEANDRO LUCAS DIAS<br>TANCREDO WESTPHAL JUNIOR | PROGRAMAÇÃO DO ELEMENTO FINITO QUADRANGULAR Q4 PARA ELASTICIDADE BIDIMENSIONAL LINEAR NO SISTEMA MSBFEA | 736 |
| **ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ENGENHARIA QUÍMICA E QUÍMICA INDUSTRIAL: ENGENHARIAS DE PROCESSOS** | | | |
| 126 | DÉBORA REGINA SCHNEIDER LOCATELLI<br>NAIRA BARBACOVI<br>ALBINO MOURA GUTERRES | AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL APLICADO NAS INDÚSTRIAS METAL-MECÂNICA EM UM MUNICÍPIO DE MÉDIO PORTE | 744 |
| 127 | DIONATAN SCHAEFER LAUSCHNER<br>JAIR FIORI JÚNIOR<br>IVANICE CLADES BACK MÜLLER | UTILIZAÇÃO DE DIAGRAMA DE PARETO EM INDÚSTRIA METALMECÂNICA | 750 |
| 128 | LETÍCIA REGINA PEREIRA BANHARA<br>GUILHERME CEZARO MUNARETTO | PROGRAMA 5S NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CARACTERIZAÇÃO E METOLOGIA | 754 |
| 129 | ROVIAN CAPPELLESSO<br>FABIANO DA SILVA JORGE | AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DO NIVELAMENTO DE UMA RODOVIA COM NÍVEL ÓPTICO E COM NÍVEL LASER | 759 |
| **ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ENGENHARIA QUÍMICA E QUÍMICA INDUSTRIAL: MEIO AMBIENTE E TECNOLOGIA** | | | |
| 130 | ANDRIELI SADOVSKI MAJEWSKI<br>ELCEMINA LÚCIA BALVEDI PAGLIOSA<br>SÔNIA B. BALVEDI ZAKRZEVSKI | PROGRAMAS DA REDE GLOBO DE TELEVISÃO INFORMAR E SENSIBILIZAM A POPULAÇÃO SOBRE A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS | 765 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 131 | CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO<br>AIRTON CAMPANHOLA BORTOLUZZI<br>MATEUS BAPTISTA NUNES<br>CLARICE STEFFENS<br>ROGÉRIO MARCOS DALLAGO<br>JULIANA STEFFENS<br>MARCO DI LUCCIO<br>MARCUS VINÍCIUS TRES | TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SORO DE LEITE EM PÓ UTILIZANDO MEMBRANAS DE MICRO E ULTRA FILTRAÇÃO | 771 |
| 132 | ELTON LUIS HILLESHEIM<br>VICTOR DE AGUIAR PEDOTT<br>IEMEDELAIS BORDIN<br>MARCELO LUÍS MIGNONI | ESTUDO DA REUTILIZAÇÃO DO COMPÓSITO TIO2/SIO2 OBTIDO PELA TÉCNICA SOL-GEL NA ADSORÇÃO/DEGRADAÇÃO DO AZUL DE METILENO | 776 |
| 133 | GIULIA RODRIGUES BARETA<br>GREICE KELLY ALVES<br>JULIANA STEFFENS | TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDUSTRIA DE BALAS : UMA REVISÃO | 781 |
| 134 | JÉSSICA MORGAN ANSELMINI<br>JANICE COMINETTI<br>ISABEL DAHMER<br>SÔNIA BALVEDI ZAKRZEVSKI | PERCEPÇÕES DE CRIANÇAS DA REGIÃO DO ALTO URUGUAI GAÚCHO SOBRE A IMPORTÂNCIA DA MATA CILIAR | 785 |
| 135 | JÉSSICA MORGAN ANSELMINIJANICE COMINETTIISABEL DAHMERSÔNIA BALVEDI ZAKRZEVSKI | PERCEPÇÕES DE CRIANÇAS DA REGIÃO DO ALTO URUGUAI GAÚCHO SOBRE AS ÁREAS ÚMIDAS | 791 |
| 136 | JOSIANE BAMPI<br>GABRIEL ANDRE TOCHETTO<br>ADRIANA PAULA FRANCIESKI<br>TAINÁ CRISTINI DA SILVA<br>GEAN DELISE LEAL PASQUALI VARGAS<br>ADRIANA DERVANOSKI | BIODEGRADAÇÃO DE FENOL EM REATOR BATELADA UTILIZANDO RESÍDUO DE CASCA DE OVO COMO SUPORTE PARA BIOFILME | 796 |
| 137 | SABRINA NATALIA WEIRICH<br>HELEN TREICHEL<br>THIAGO CARDOSO GUIMARÃES<br>SUELEN CAPPELLARO<br>JULIA ANDRADE<br>DAIANI BRANDLER<br>CLEITON ULKOVSKI<br>ALTEMIR JOSÉ MOSSI | DESENVOLVIMENTO DE BIOHERBICIDA PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS A PARTIR DE ISOLADO FÚNGICO | 802 |
| 138 | SABRINE LAÍS ROSSET<br>EDERLAN MAGRI<br>ALICE TERESA VALDUGA<br>ITAMAR LUÍS GONÇALVES<br>JEAN MARCOS MOCFA<br>JULIANA ANDRIOLLI RIBEIRO | CD AND PB CONTENTS IN SOILS AND LEAVES OF YERBA MATE IN RIO GRANDE DO SUL – BRAZIL | 807 |
| **ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ENGENHARIA QUÍMICA E QUÍMICA INDUSTRIAL: PROCESSOS TECNOLÓGICOS E BIOTECNOLÓGICOS** | | | |
| 139 | ALINE MATUELLA MOREIRA FICANHA<br>KENETI SOCCOL<br>JAQUELINE MAIORKA<br>RICARDO FICANHA | USO DO MÉTODO DE MELHORIA CONTÍNUA NA REDUÇÃO DE PERDAS NO PROCESSO DE DESOSSA EM FRIGORÍFICO DE AVES | 814 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 140 | ANDRESSA FRANCO DENTI<br>CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO<br>MARSHALL PALIGA<br>TIAGO DOS SANTOS GONÇALVES<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>ALICE VALDUGA<br>LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO<br>ROGÉRIO MARCOS DALLAGO | AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE TÉRMICA DA LIPASE CALLERA TRANS L IMOBILIZADA EM SUPORTE DE ALGINATO-GELATINA | 820 |
| 141 | ANGELA ANTUNES<br>ALINE MATUELLA MOREIRA FICANHA<br>MARCELO MIGNONI<br>ROGÉRIO MARCOS DALLAGO | ESTUDO DA ESTABILIDADE DE CALB IMOBILIZADA PELA TÉCNICA SOL-GEL COM USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS COMO ADITIVOS | 825 |
| 142 | ANGELA ANTUNES<br>LEONARDO MEIRELLES DA SILVA<br>ALINE MATUELLA MOREIRA FICANHA<br>JAMILE ZENI<br>ROGÉRIO MARCOS DALLAGO | TESTE PRELIMINAR DO ESTUDO DO TEMPO DE CONTATO EM BANHO ULTRASSONICO DO IMOBILIZADO SONOGEL COM TMOS COMO PRECURSOR DA SILICA E PVA (ALCOOL POLIVINÍLICO) COMO ADITIVO DA IMOBILIZAÇ | 831 |
| 143 | ANGÉLICA INÊS KAUFMANN<br>ALINE SOBREIRA BEZERRA<br>BARBARA NICOLI FLORES SILVEIRA<br>DAYANE ALVES MORESCO<br>MARIANA AGUIAR CARGNIN<br>RAFAELA DA ROSA SARTORETTO | ELABORAÇÃO E ACEITABILIDADE DE BOLO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE BERINJELA | 835 |
| 144 | ANGÉLICA INÊS KAUFMANN<br>ALINE SOBREIRA BEZERRA<br>MAIARA CRISTÍNI MALEICO | ERVAS AROMÁTICAS E ESPECIARIAS COMO FONTE DE ANTIOXIDANTES NATURAIS | 841 |
| 145 | BRUNO FISCHERCÉSAR TAMALUSKICLARICE STEFFENSJAMILE ZENIJANAINE FERREIRAJEAN CARLO RAUSCHKOLBPATRICIA GRIEPROSICLER COLETITHIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER | ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS ANTES E APÓS SECAGEM EM ESTUFA E LIOFILIZAÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE BANANA (MUSA SPP.) E APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO | 846 |
| 146 | BRUNO FISCHER<br>NATALIA WOLOSZYN<br>JEAN CARLO RAUSCHKOLB<br>JAMILE ZENI<br>ALEXANDER JUNGES<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER | COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SEMENTE DE GIRASSOL (HELIANTHUS ANNUUS L.) E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE | 852 |
| 147 | CAMILA CARLA KRIGUER<br>ELTON LUIS HILLESHEIM<br>JANAINE LAIS ZANETTE<br>RAQUEL VERA ZAMADEI<br>JULIANA STEFFENS | ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE DIFERENTES MARCAS DE FARINHA DE MANDIOCA | 857 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 148 | CAROLINE CHIES POLINA<br>VANESSA BARBIERI BOMBANA<br>ANDRESSA FRANCO DENTI<br>DIANE RIGO<br>CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO<br>TIAGO DOS SANTOS GONÇALVES<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN<br>TIAGO DOS SANTOS GONÇALVES | CINÉTICA DE UMIDADE EM BASE SECA DA CASCA E POLPA DE GUABIJU DURANTE SECAGEM EM ESTUFA | 861 |
| 149 | DANIELE HAMANN<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>JULIA LISBOA BERNARDI<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN | AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DE CHÁ VERDE EM FILME COMESTÍVEL DE GELATINA | 864 |
| 150 | DANIELE HAMANN<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>JULIA LISBOA BERNARDI<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN | ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS DE COBERTURA EM LINGUIÇAS FRESCAIS | 868 |
| 151 | DANIELLE SPECHT MALTA<br>ESTELA MARIA DALMINA<br>MÔNICA NAIARA SCHMEIER<br>BRUNA SIVIERO<br>ANDERSON ELIAS BIANCHI<br>DARLENE CAVALHEIRO<br>ELISANDRA RIGO | ANÁLISE DO EFEITO DA REFRIGERAÇÃO NA QUALIDADE DO LEITE DE OVELHA | 873 |
| 152 | GABRIELA ALBUQUERQUE TRÊS<br>JOÃO ALBERTO CECHETTI<br>GLACIELA SCHERER<br>JULIANA STEFFENS<br>CLARICE STEFFENS | AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ADIÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE SOJA NO RENDIMENTO DE QUEIJO TIPO TOFU | 879 |
| 153 | GABRIELA DE BASTOS<br>BETHINA PASCUETTI TRES<br>ANDRESSA FRANCO DENTI<br>CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO<br>TIAGO DOS SANTOS GONÇALVES<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>ROGÉRIO MARCOS DALLAGO | AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE COMERCIAL EM SUPORTE DE ALGINATO-GELATINA. | 884 |
| 154 | GABRIELE KUHN DUPONTNATALY<br>LEIDENSISAAC DOS SANTOS NUNES | PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL MELAÇO DE SOJA HIDROLISADO UTILIZANDO SACCHAROMYCES CEREVISIAE | 888 |
| 155 | GISLAINE FATIMA BORTOLI<br>MARINA BACCIN<br>LEONARDO SOUZA DA ROSA | CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE IOGURTE ADICIONADO DE COLÁGENO HIDROLISADO | 894 |
| 156 | GIULIA RODRIGUES BARETA<br>GREICE KELLY ALVES<br>MATEUS BAPTISTA NUNES<br>EUNICE VALDUGA | ELABORAÇÃO DE BOLO DOCE COM ADIÇÃO DE FARINHA DE BAGAÇO DE MALTE | 899 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 157 | GREICE KELLY ALVES<br>GIULIA RODRIGUES BARETA<br>BIANCA PINTO BALESTIERI<br>LUANA GAYESKI<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>ROSICLER COLET<br>JULIANA STEFFENS<br>JAMILE ZENI | PRODUÇÃO DE DOCE DE LEITE A PARTIR DE UM EVAPORADOR DE SIMPLES EFEITO | 905 |
| 158 | GUILHERME DE SOUZA HASSEMER<br>ALEXANDER JUNGES<br>EUNICE VALDUGA | AVALIAÇÃO DO POTENCIAL USO DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS COMO SUBSTRATO NA BIOPRODUÇÃO DE POLIHIDROXIBUTIRATO (P(3HB)) | 909 |
| 159 | GUILHERME DE SOUZA HASSEMER<br>ALEXANDER JUNGES<br>EUNICE VALDUGA | CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COM POTENCIAL DE APLICAÇÃO BIOTECNOLÓGICA | 915 |
| 160 | GUILHERME SABADIN PIVA<br>THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER<br>BRUNO FISHER<br>JEAN CARLO RAUSCHKOLB<br>NATÁLIA WOLOSZYN | ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS DO MODELOS CINÉTICO DE TRANSESTERIFICAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA UTILIZANDO ALGORITMOS ESTOCÁSTICOS ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS DO MODELOS CINÉTICO DE TRANSESTERIFICAÇ | 920 |
| 161 | HORTÊNCIA ADELINA SCOLARI<br>NATÁLIA AMBRÓSIO<br>BETHINA PASCUETTI TRES<br>LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO<br>ROGÉRIO MARCOS DALLAGO<br>JOÃO CARLOS KRAUSE<br>CAMILA AGUILAR BUSATTA<br>LUCAS SCHNORRENBERGER DE OLIVEIRA | QUALIDADE DA CACHAÇA ARTESANAL PRODUZIDA NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI DO RIO GRANDE DO SUL | 925 |
| 162 | HORTÊNCIA ADELINA SCOLARI<br>PAULO AMAURI LANDO JÚNIOR<br>NATÁLIA AMBRÓSIO<br>LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO<br>ROGÉRIO MARCOS DALLAGO<br>BETHINA PASCUETTI TRES<br>CAMILA AGUILAR BUSATTA | QUALIDADE DO VINHO ARTESANAL PRODUZIDO NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI DO RIO GRANDE DO SUL | 931 |
| 163 | ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>MARLA CRISTINA KAPPAUN RODRIGUES<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>ADRIELI THAYS DE OLIVEIRA<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN | AVALIAÇÃO DO TEOR ALCOÓLICO E ACIDEZ DO VINHO ARTESANAL PRODUZIDO NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI DO RIO GRANDE DO SUL | 936 |
| 164 | ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>RENAN DANIEL KRABBE<br>KELLI FATIMA TONKIEL<br>BRUNO FISCHER<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN | INATIVAÇÃO DE SALMONELLA CHOLERAESUIS UTILIZANDO DIÓXIDO DE CARBONO SUPERCRÍTICO | 941 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 165 | JAMILE ZENIRAÍZA DE ALMEIDA MESQUITAGUILHERME HASSEMERVINICÍUS MARCHIORIJOSÉ KIEDISELOANE MALVESSIALEXANDER JUNGESEUNICE VALDUGAROGÉRIO LUIS CANSIAN | PRODUÇÃO DE GOMA XANTANA A PARTIR DE XANTHOMONAS CAMPESTRES LIVRE E IMOBILIZADA | 946 |
| 166 | JAQUELINE TRINDADE DOS SANTOS TODESCATT<br>CLARICE STEFFENS<br>JULIANA STEFFENS | ANÁLISE DO DIÂMETRO DE PARTÍCULAS DE MILHO E FARELO DE SOJA MOÍDOS USADOS NA FABRICAÇÃO DE RAÇÃO SUÍNA | 952 |
| 167 | JAQUELINE TRINDADE DOS SANTOS TODESCATT<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>ROSICLER COLET<br>MATEUS BAPTISTA NUNES<br>ELISIANE GALVAGNI<br>ANDRESSA ARBOIT FRITZEN<br>JAMILE ZENI<br>JULIANA STEFFENS | PRODUÇÃO DE DOCE DE LEITE COM ADIÇÃO DE AMIDO EM UM EVAPORADOR DE SIMPLES EFEITO | 959 |
| 168 | JEAN CARLO RAUSCHKOLB<br>BRUNO FISCHER<br>NATÁLIA WOLOSZYN<br>GUILHERME SABADIN PIVA<br>THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER<br>ALEXANDER JUNGES<br>LUANA GONÇALVES | DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE INTRÍNSECA DO PEG 1500 EM DIFERENTES TEMPERATURAS | 964 |
| 169 | JEAN CARLO RAUSCHKOLB<br>BRUNO FISCHER<br>NATÁLIA WOLOSZYN<br>GUILHERME SABADIN PIVA<br>THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER<br>ALEXANDER JUNGES<br>LUANA GONÇALVES | APLICAÇÃO DO TESTE DUO-TRIO EM AMOSTRAS DE PIMENTA BRANCA E PRETA | 968 |
| 170 | JENEFHER BECKER<br>THAIS FEIDEN<br>WILLIAN SECCHI<br>ÉRICK VINÍCIOS DA SILVA MUSKOPF<br>LUANA GAYESKI<br>DANIELI BUCIOR<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>EUNICE VALDUGA<br>JULIANA STEFFENS | PRODUÇÃO DE CONCENTRADO DE SORO EM MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO UTILIZANDO ESCALA PILOTO | 973 |
| 171 | KARINE ANGÉLICA DALLA COSTA<br>MARIA EDUARDA WLODARKIEVICZ<br>WILLIAM TRENTIN<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN<br>ROGÉRIO DALLAGO<br>JAMILE ZENI<br>NATALIA PAROUL | VALIDAÇÃO DO MÉTODO IODOMÉTRICO PARA QUANTIFICAÇÃO INDIRETA DE OLEATO DE ASCORBILA OBTIDO VIA SÍNTESE ENZIMÁTICA | 978 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 172 | KARINE ANGÉLICA DALLA COSTA<br>MARIA EDUARDA WLODARKIEVICZ<br>WILLIAM TRENTIN<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN<br>ROGÉRIO DALLAGO<br>JAMILE ZENI<br>NATALIA PAROUL | SÍNTESE ENZIMÁTICA DE OLEATO DE ASCORBILA | 983 |
| 173 | LEONARDO MEIRELLES DA SILVAANGELA ANTUNES THAIS COMINJAMILE ZENIROGÉRIO MARCOS DAL LAGO | ESTUDO DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO DA IMOBILIZAÇÃO DA LIPASE DE CANDIDA ANTARCTICA B (CAL B) EM MATRIZ HIDROFÓBICA XEROGEL COM USO DE TMOS COMO PRECURSOR DA SÍLICA E PVA COMO ADITIVO | 989 |
| 174 | LEONARDO MEIRELLES DA SILVA<br>ROGÉRIO MARCOS DAL LAGO<br>JAMILE ZENI<br>THAIS COMIN<br>ANGELA ANTUNES | ESTUDO DA ESTABILIDADE DE ARMAZENAMENTO DA IMOBILIZAÇÃO DE CANDIDA ANTARCTICA B (CAL B) EM MATRIZ HIDROFÓBICA SONOGEL COM USO DE TMOS COMO PRECURSOR DA SÍLICA E PEG COMO ADITIVO | 994 |
| 175 | LUANA GAYESKI<br>ALINE ANDRESSA RIGO<br>ALANA MARIE DE CEZARO<br>JULIANA STEFFENS<br>CLARICE STEFFENS<br>JANINE MARTINAZZO<br>ALEXANDRA NAVA BREZOLIN<br>DANIELA KUNKEL MUENCHEN | CARACTERIZAÇÃO POR PM-IRRAS DA SUPERFÍCIE DO NANOBIOSSENSOR DE CANTILEVER FUNCIONALIZADO COM A ENZIMA UREASE PARA DETECÇÃO DE METAIS PESADOS EM ÁGUA | 998 |
| 176 | LUANA GAYESKI<br>NAIANE SABEDOT MARCON<br>LETÍCIA URNAU<br>ROSICLER COLET<br>EUNICE VALDUGA | PARÂMETROS ESTEQUIOMÉTRICOS DO SISTEMA SEMICONTÍNUO COM DIFERENTES CORTES NA BIOPRODUÇÃO DE CAROTENOIDES POR SPORIDIOBOLUS SALMONICOLOR CBS 2636 COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS | 1002 |
| 177 | MARINA ANDRÉA BACCIN<br>GISLAINE FÁTIMA BORTOLI<br>LEONARDO SOUZA DA ROSA | INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE IOGURTES | 1007 |
| 178 | MARINA ANDREIA DE SOUZA<br>CAROLINE CASANOVA<br>ROSICLER COLET<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ROGERIO LUIS CANSIAN | INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES INADEQUADAS DE REFRIGERAÇÃO NO CRESCIMENTO DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS EM FILÉ DE PEITOS DE FRANGO | 1013 |
| 179 | MARINA VOLPATO DACOREGGIO<br>ANIELA PINTO KEMPKA<br>LIZIANE SCHITTLER | CONTEÚDO FENÓLICO E ANTIOXIDANTE DE EXTRATOS DA CASCA DE ARAÇÁ-AMARELO (PSIDIUM CATTLEIANUM SABINE) | 1017 |
| 180 | MATEUS BAPTISTA NUNES<br>DAIANE PRECI<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN<br>CLARICE STEFFEN<br>JULIANA STEFFENS | ATIVIDADE ANTIMICROBIANA EM CONCENTRADO PROTEICO DE SORO DE LEITE OVINO DIAFILTRADO HIDROLISADO POR PROCESSO ENZIMÁTICO | 1021 |
| 181 | MORGANA DE MARCO<br>JAMILE ZENI<br>RAFAELA NERY DE MELO<br>ROBERTA CRISTINA DE SOUZA<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN | IMOBILIZAÇÃO DE PENICILLIUM BRASILIANUM EM POLIURETANO PARA PRODUÇÃO DE POLIGARACTURONASE. | 1025 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 182 | NAJARA PINTO RIBEIRO BARRO<br>EUNICE VALDUGA<br>MARCELO MIGNONI<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN<br>LEONARDO MEIRELLES DA SILVA<br>THAIS COMIN<br>DANIELI BUCIOR | MICROENCAPSULAÇÃO DE Lactobacillus helveticus E APLICAÇÃO EM CHOCOLATE BRANCO | 1031 |
| 183 | NAJARA PINTO RIBEIRO BARRO<br>SANDRA CRISTINA BALLEN<br>ADRIANA MARCIA GRABOSKI<br>ALEXANDRA MANZOLI<br>JULIANA STEFFENS<br>CLARICE STEFFENS | DETECÇÃO DE AROMAS EM BALAS DE GOMA DURANTE SEU ARMAZENAMENTO UTILIZANDO SENSORES DE GASES DOPADOS COM DIFERENTES ÁCIDOS | 1036 |
| 184 | NATÁLIA WOLOSZYNANNE LUIZE LUPATINI MENEGOTTODANIELE BUCIORBIANCA BALESTIEREJULIANA STEFFENSEUNICE VALDUGA | SEPARAÇÃO DE PROTEÍNAS DE SPIRULINA PLATENSIS UTILIZANDO DIFERENTES SAIS E SOLVENTES ORGÂNICOS | 1041 |
| 185 | NATÁLIA WOLOSZYN<br>LUCÍOLA BAGATINI<br>MARINA VOLPATO DACOREGGIO<br>BRUNA MARINA CELLA<br>DAIANE DE OLIVEIRA<br>GIOVANA FELTES<br>THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER<br>BRUNO FISCHER<br>JEAN CARLO RAUSCHKOLLO<br>GUILHERME SABADIN PIVA | COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE GRÃOS DE SOJA NATURAIS E PROCESSADOS | 1046 |
| 186 | PALOMA TRUCCOLO REATO<br>JANAÍNA FERNANDES DE MEDEIROS BURKERT<br>ROSICLER COLET<br>CLARICE STEFFENS<br>EUNICE VALDUGA<br>LETICIA URNAU | PARÂMETROS CINÉTICOS DA PRODUÇÃO DE CAROTENOIDES E VELOCIDADE ESPECÍFICA DE CRESCIMENTO DE PHAFFIA RHODOZYMA EM BATELADA ALIMENTADA | 1050 |
| 187 | PATRÍCIA FONSECA DUARTE<br>ALINE MANFRON<br>LILIANE ALVES DOS SANTOS WANDERLEY | VERIFICAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO OPERACIONAL E PRÉ-OPERACIONAL EM UM ABATEDOURO DE AVES NO OESTE CATARINENSE | 1056 |
| 188 | PATRÍCIA FONSECA DUARTE<br>SUELEN PALOMA PIAZZA<br>LILIANE ALVES DOS SANTOS WANDERLEY<br>KAREM MURARO<br>ROBERTO VERLINDO<br>NATALIA PAROUL<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN | OBTENÇÃO DE EXTRATOS E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CASCA DE PERSEA SP. | 1062 |
| 189 | PATRÍCIA GRIEP<br>BIANCA PINTO BALESTIERI<br>LUANA GAYESKI<br>EUNICE VALDUGA | ELABORAÇÃO E ACEITABILIDADE DE BISCOITO TIPO COOKIE A PARTIR DO COPRODUTO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO VINHO | 1068 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 190 | PATRÍCIA GRIEP<br>JANAINE FERREIRA<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>BRUNO FISCHER<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ALEXANDER JUNGES | OBTENÇÃO DE EXTRATO DE RESÍDUO DE MIRTILO (VACCINIUM SP.) POR MÉTODO DE ULTRASSOM E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS FENÓLICOS | 1074 |
| 191 | RAFAELA NERY DE MELO<br>GUILHERME FELIPE FLORES FIGUEIREDO<br>HORTÊNCIA ADELINA SCOLARI<br>JULIANA STEFFENS<br>LARA CASSIA FORNTUNA<br>VINÍCIOS DIEGO ADAM | ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE DIFERENTES AMOSTRAS DE CAFÉ SOLÚVEL | 1080 |
| 192 | RAFAELA NERY DE MELO<br>JAMILE ZENI<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>EUNICE VALDUGA<br>GECIANE TONIAZZO BACKES | ENSAIOS DE CONCENTRAÇÃO DE PECTINASES COM SOLVENTES ORGÂNICOS E SAIS | 1085 |
| 193 | RAQUEL BULEGON<br>GEORGIA ANE RAQUEL SEHN<br>ANDREIA ZILIO DINON | PRODUÇÃO DE BOLOS FUNCIONAIS COM FARINHA DE BANANA VERDE E CHIA | 1090 |
| 194 | RAQUEL CARLA ZANATTALUCIANA DORNELLES VENQUIARUTOCEZAR AUGUSTO BIZZIDANIEL SANTOSROGÉRIO MARCOS DALLAGO | CARACTERIZAÇÃO ELEMENTAR E EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM DE CROMO DE COURO RESIDUAL | 1095 |
| 195 | RAQUEL CARLA ZANATTA<br>ROGÉRIO MARCOS DALLAGO<br>DANIEL SANTOS<br>CEZAR AUGUSTO BIZZI<br>LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO | EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM DE CROMO EM COURO RESIDUAL DO PROCESSO "WET BLUE" | 1101 |
| 196 | ROBERTA CRISTINA DE SOUZA<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>ROSICLER COLET<br>JULIANA SAVIO<br>JULIANA STEFFENS<br>EUNICE VALDUGA<br>MURILO CEZAR COSTELLI<br>GISLAINE FÁTIMA PERIN<br>NATALIA GATTO<br>VANESSA DUZ<br>KARINE MARAFON | PROPRIEDADES FUNCIONAIS E TERMOGRAVIMÉTRICA DO GELATO DE SOJA | 1107 |
| 197 | ROBERTA CRISTINA DE SOUZA<br>MORGANA DE MARCO<br>NATÁLIA WOLOSZYN<br>DANIELE HAMANN<br>SANDRA PALAVICINI<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN<br>NATÁLIA PAROUL | ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA DE EXTRATO ETANÓLICO DE CASCA DE BANANA CATURRA (MUSA SP., SUBGRUPO CAVENDISH) OBTIDO POR MACERAÇÃO NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE ULTRASSOM | 1112 |
| 198 | ROSICLER COLET<br>LUANA GAYESKI<br>EUNICE VALDUGA<br>LENARA MENEGHEL SANTA CATHARINA<br>MAURICIO MOURA DA SILVEIRA<br>ELOANE MALVESSI | EFEITO DA AGITAÇÃO E AERAÇÃO NA BIOPRODUÇÃO DE PECTINASES TOTAIS POR ASPERGILLUS NIGER ATCC 9642 EM BIORREATOR COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS | 1118 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 199 | ROSICLER COLET<br>RONEI DARIVA<br>ALEXANDRA MANZOLI<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>EUNICE VALDUGA | CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES DE QUEIJO IN-NATURA E ASSADOS FORMULADOS COM AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS | 1123 |
| 200 | SANDRA CRISTINA BALLEN<br>ADRIANA MARCIA GRABOSKI<br>ALEXANDRA MANZOLI<br>JULIANA STEFFENS<br>CLARICE STEFFENS | E-NOSE APLICADO AO MONITORAMENTO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM BALAS DE GOMA DURANTE O ARMAZENAMENTO | 1129 |
| 201 | SANDRA CRISTINA BALLEN<br>LUCILA VICARI<br>SILVIA DEBONI DUTCOSKY<br>MARCIA AROCHA GULARTE<br>EUNICE VALDUGA | LEVANTAMENTO DE ATRIBUTOS E DESENVOLVIMENTO DE TERMINOLOGIA DE TEXTURA PARA SUCO NATURAL DE LARANJA | 1134 |
| 202 | SIMONE SALETE SAGGIORATO DAL MASO<br>LEONARDO MEIRELLES DA SILVA<br>VITÓRIA SCHUMACHER MENDES<br>THAIS COMIN<br>ROGÉRIO MARCOS DAL LAGO<br>ROSICLER COLET<br>JAMILE ZENI<br>GECIANE TONIAZZO BACKES | PRODUÇÃO DE FRUTOFURANOSIDASE POR ASPERGILLUS NIGER E PENICILLIUM BRASILIANUM | 1139 |
| 203 | THALES RUAN PIOVEZANTHAÍS CASSIELE PIOVEZANROSE MARIA DE OLIVERA MENDES | COMPARATIVO NUTRICIONAL DO BLUEBERRIES RABBITEYE (VACCINIUM ASHEI) SUBMETIDO AO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO COM O FRUTO IN NATURA | 1143 |
| 204 | THALES RUAN PIOVEZAN<br>THAÍS CASSIELE PIOVEZAN<br>ROSE MARIA DE OLIVERA MENDES | QUALIDADE BLUEBERRIES RABBITEYE (VACCINIUM ASHEI) DO OESTE DE SANTA CATARINA | 1146 |
| 205 | VANESSA DALL AGNOL<br>ANDRÉIA ZILIO DINON<br>MARLA SGANZERLA<br>STEFANY G. ARCARI | QUALIDADE DO AZEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEM CONDIMENTADO COM ALECRIM (ROSMARINUS OFFICINALES) E ORÉGANO (ORIGANUM VULGARE L.) | 1151 |
| 206 | VANESSA DALL AGNOL<br>CRISTINE VOGEL<br>IVAN DE MARCO<br>LIZIANE SCHITTLER | ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALECRIM (ROSMARINUS OFFICINALIS L.) CONTRA SALMONELLA ENTERETIDIS, LISTERIA MONOCYTOGENES E ESCHERICHIA COLI | 1157 |
| 207 | WILLIAN EDUARDO TRENTIN<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>MARIA EDUARDA WLODARKIEVICZ<br>JULIA LISBOA BERNARDI<br>ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN<br>NATALIA PAROUL | SÍNTESE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE GALATO DE GERANILA OBTIDO VIA ESTERIFICAÇÃO ENZIMÁTICA | 1162 |
| 208 | WILLIAN EDUARDO TRENTIN<br>MARIA EDUARDA WLODARKIEVICZ<br>BRUNA MARIA SAORIN PUTON<br>PATRÍCIA FONSECA DUARTE<br>GABRIELA DE BASTOS<br>ROGÉRIO CANSIAN<br>NATALIA PAROUL | PROPRIEDADES BIOLÓGICAS E ANTIOXIDANTES DOS PRECURSORES DE ÉSTERES FUNCIONAIS. | 1167 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: ENGENHARIA ECONÔMICA E CUSTOS** | | | |
| 209 | ALINE MATUELLA MOREIRA FICANHA<br>LEONARDO MIOTTO<br>JULIANE RUFATO<br>JAQUELINE MAIORKA<br>RICARDO FICANHA | ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA EM EMPRESA DE TRANSPORTES PARA REALIZAÇÃO DE SERVIÇOS PARTICULARES | 1174 |
| 210 | TAINARA VOLAN<br>RAFAEL PETRI ZANARDO<br>ANDERSON JOSÉ BALBINO | ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA | 1180 |
| 211 | TAMIRES SUANI CALGARO<br>MATEUS ARLINDO DA CRUZ<br>JARDEL FELIPE KONZEN | COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA DA REGIÃO SUL DO BRASIL | 1186 |
| 212 | WILLIAN MICHELIN | MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV) EM ESCRITÓRIO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA | 1192 |
| **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: ERGONOMIA E SEGURANÇA DO TRABALHO** | | | |
| 213 | ALESSANDRA TAIS DA COSTA<br>TAINARA VOLAN<br>ROBERTA NEUMEISTER<br>RENATA RECH DE SOUZA | APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS REBA E CHECKLIST DE COUTO NO VEÍCULO BAJA | 1198 |
| 214 | KÁSSIA RAQUEL DE ALMEIDA<br>JULIA MARIA BURIN<br>TAISE SYCHOCKI<br>ROBERTA NEUMEISTER | APLICAÇÃO DA ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO AO CARGO DE AUXILIAR DE PRODUÇÃO DO SETOR DE EMPACOTAMENTO DE UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS | 1204 |
| 215 | LUANA CARLA ZAMBON<br>GUSTAVO TRUYLIO ALVES<br>ELVIS WISNIEWSKI<br>MIRIAM SALETE WILK WISNIEWSKI<br>FERNANDA DAL'MASO CAMERA. | RISCO PARA LER/DORT EM COLABORADORES DE UM FRIGORÍFICO DA CIDADE DE ERECHIM/RS | 1210 |
| **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: GESTÃO DA INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO** | | | |
| 216 | DÉBORA REGINA SCHNEIDER<br>LOCATELLIGILBERTO MATIAS<br>RUFFATONAIRA BARBACOVI | ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS COMPORTAMENTAIS EMPREENDEDORAS DE ALUNOS DO ENSINO SUPERIOR | 1218 |
| 217 | SIMONE GASPERIN DE ALBUQUERQUE | O NÚCLEO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA COMO FERRAMENTA PROPULSORA DA P&D NA UNIVERSIDADE | 1224 |
| **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: GESTÃO DE PROJETOS, PRODUTOS E SERVIÇOS** | | | |
| 218 | ALESSANDRA TAIS DA COSTA<br>TAINARA VOLAN<br>RAFAEL PETRI ZANARDO<br>RENATA RECH DE SOUZA | GERENCIAMENTO DE PROJETOS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0 | 1233 |
| **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES** | | | |
| 219 | ARIÉLI DE OLIVEIRA<br>ARIÉLI DE OLIVEIRA<br>THAYNE APARECIDA DE OLIVEIRA<br>JAQUELINE VARELA MAIORKA<br>ALINE MATUELLA FICANHA | AJUSTANDO AS FERRAMENTAS DE ESTOQUE PARA UMA EMPRESA DE SERVIÇOS DE BELEZA | 1240 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 220 | FABÍOLA APARECIDA BOLIS<br>ANDRISA MARILDA ROCHA<br>CLEBER SERAFIM LOPES | MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE TRANSPORTE INTERMUNICIPAL DE PASSAGEIROS | 1245 |
| 221 | IURI RENAN BERGAMIN<br>OSÉIAS MATIAS DE OLIVEIRA<br>ESMELINDRO | SINCRONIZAÇÃO E APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) NO GARGALO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA MASCARELLO ONIBUS LTDA | 1251 |
| 222 | JULIA MARIA BURIN<br>JESSIE CARVALHO BRUHN | AVALIAÇÃO DA MATURIDADE EM GESTÃO POR PROCESSOS EM UMA EMPRESA DO ALTO URUGUAI RIO-GRANDENSE | 1256 |
| 223 | KÁSSIA RAQUEL DE ALMEIDA<br>JESSIE CARVALHO BRUHN | PROPOSTA DE PLANO PARA REDUÇÃO DE CUSTOS COM PERDAS DE PROCESSO POR MEIO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS | 1262 |
| 224 | LEONARDO CARLOS PAVAN<br>ROBSON LIPINHARSKI GUERREIRO<br>NELCIR LAZARI<br>CLEBER SERAFIM LOPES | APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DMAIC EM UMA DISTRIBUIDORA DE AUTOPEÇAS | 1268 |
| 225 | MICHEL CAVALHEIRO<br>DARCI LUIZ KUIAWINSKI | OTIMIZAÇÃO NA GESTÃO DE PROJETOS COM O USO DO GUIA PMBOK®: UM ESTUDO DE CASO NA CAVIZZA® PROJETOS LTDA - ME | 1274 |
| 226 | POLIANE FLAVIA PICOLO CZAPELA<br>GABRIELE GASPERIN<br>ANDRESSA FÁTIMA LÓS<br>CLEBER SERAFIM LOPES | IMPLEMENTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA PINTURA DE MESAS E CADEIRAS DE UMA INDÚSTRIA | 1280 |
| 227 | RAFAELA MOCFA SPICA<br>MARIHÁ VALÉRIA DEMOLINER<br>CLEBER SERAFIM LOPES | ANÁLISE DA PREVISÃO DE CONSUMO DE RODÍZIOS D50/D38 ATRAVÉS DA MÉDIA MÓVEL EM UMA EMPRESA DE CADEIRAS CORPORATIVAS | 1286 |
| **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: MODELAGEM E SIMULAÇÃO** | | | |
| 228 | ALINE VALERIUS<br>DAIANE DE SENA BRISOTTO | OTIMIZAÇÃO DIMENSIONAL DE PILARES DE CONCRETO ARMADO COM O AUXÍLIO DA FERRAMENTA SOLVER | 1293 |
| 229 | CESAR JOSE OLSCZEWSKI<br>TANCREDO WESTPHAL JUNIOR | PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM MAPLE DO ELEMENTO FINITO CST PARA ELASTICIDADE 2D NA PLATAFORMA MSBFEA | 1299 |
| 230 | FELIPE JUNIOR SGARBI<br>MERIELEN FÁTIMA CARAMORI | AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA SOLVER DA PLANILHA EXCEL E DA PESQUISA OPERACIONAL PARA A CONSTRUÇÃO DE GRADES DE HORÁRIOS ESCOLARES | 1305 |
| 231 | FILIPI RICONI<br>ARTHUR BORTOLIN BESKOW | CORRELAÇÃO NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE MASSALOTES PARA A FUNDIÇÃO DE PEÇAS EM ALUMÍNIO | 1310 |
| 232 | JAQUE WILLIAN SCOTTON<br>ELIEZER JOSÉ BALBINOT | SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO UTILIZANDO O MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS | 1316 |
| 233 | JAQUE WILLIAN SCOTTON<br>ELIEZER JOSÉ BALBINOT | COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE DIFERENÇAS FINITAS E VOLUMES FINITOS NA SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DA CONDUÇÃO DE CALOR UNIDIMENSIONAL | 1322 |
| 234 | MATHEUS GIONGO PAVAN<br>MÁRCIO WALBER | PROJETO DE SUSPENSÃO DUPLO A DE VEÍCULO BAJA SAE COM ENFOQUE NA DINÂMICA LATERAL | 1328 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 235 | MAURÍCIO RECH<br>ADEMILSON SETTI<br>LUCAS DALLA MARIA<br>JOÃO VITOR BYSTRONSKI HERZOG<br>JULIANO WAGNER DARONCH<br>LUCIANO FAVRETTO DA ROCHA<br>CHARLES LEONARDO ISRAEL | ANÁLISE NUMÉRICA DAS FREQUÊNCIAS NATURAIS E MODOS DE VIBRAÇÃO DA HASTE DE CONTATO DA CHAVE SECCIONADORA BMKU-40A | 1334 |
| 236 | THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER<br>BRUNO FISCHER<br>JEAN CARLO RAUSCHKOLB<br>NATÁLIA WOLOSZYN<br>GUILHERME SABADIN PIVA | STOCHASTIC ALGORITHMS PERFORMANCE IN OPTIMAL CONTROL PROBLEM OF ETHANOL BIOREACTOR | 1340 |
| 237 | THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER<br>NATÁLIA WOLOSZYN<br>JEAN CARLO RAUSCHKOLB<br>BRUNO FISCHER<br>GUILHERME SABADIN PIVA | MODELAGEM DA RECUPERAÇÃO DE AROMAS MAJORITÁRIOS DO CAFÉ SOLÚVEL UTILIZANDO PERVAPORAÇÃO EM REGIME TRANSIENTE | 1345 |
| 238 | VANESSA BARBIERI BOMBANA<br>ANDRESSA FRANCO DENTI<br>CAROLINE CHIES POLINA<br>DIANE RIGO<br>CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO<br>TIAGO DOS SANTOS GONÇALVES<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN | MODELAGEM DA CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DE GUABIJU EM REGIME TRANSIENTE | 1350 |
| 239 | VANESSA BARBIERI BOMBANA<br>ANDRESSA FRANCO DENTI<br>CAROLINE CHIES POLINA<br>DIANE RIGO<br>CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO<br>TIAGO DOS SANTOS GONÇALVES<br>GECIANE TONIAZZO BACKES<br>ROGÉRIO LUIS CANSIAN | MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE SECAGEM DA CASCA DE GUABIJU EM REGIME TRANSIENTE COM RESISTÊNCIA EXTERNA DESPREZÍVEL. | 1354 |
| **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: PROJETO DE FÁBRICA/INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS** | | | |
| 240 | GABRIELE KUHN DUPONT<br>CLÁUDIA LUÍSA HAHN<br>JÚLIA CRISTINA DIEL<br>KELI TAÍS SALLET<br>ENRIQUE CHAVES PERES | PRÉ-DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE ECONÔMICA DE UMA INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE ABACATE | 1360 |
| **ENGENHARIA ELÉTRICA: AUTOMAÇÃO E CONTROLE** | | | |
| 241 | AFONSO CARLOS HINKEL JÚNIOR<br>DIEGO CONTI<br>CÁSSIO LUCIANO BARATIERI | TÉCNICAS DE CONTROLE VETORIAL E CONTROLE DIRETO DE CONJUGADO APLICADAS A MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS | 1367 |
| 242 | CLAODOMIR ANTONIO MARTINAZZO<br>TAILAN ORLANDO | DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO BASEADO NO SISTEMA ARDUINO. | 1373 |
| 243 | DIEGO CONTICÁSSIO LUCIANO BARATIERI | PLATAFORMA DE MONITORAMENTO E ANÁLISE APLICADA A MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS | 1379 |
| 244 | DIEGO CONTI<br>CÁSSIO LUCIANO BARATIERI<br>AFONSO CARLOS HINKEL JÚNIOR | MODELAGEM E CONTROLE DO MOTOR DE RELUTÂNCIA VARIÁVEL APLICADO NO SISTEMA DE PROPULSÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS | 1385 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 245 | GUILHERME GOUNSKI<br>ADILSON LUÍS STANKIEWICZ | DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE E GESTÃO APLICADO À USINAS DE CONCRETO | 1391 |
| 246 | MARTIN DANIEL SCHULTZ<br>GILBERTO CHRIST<br>LUCAS ENGEL<br>CASSIO LUCIANO BARATIERI | DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO O MICROCONTROLADOR PIC16F788A | 1397 |
| 247 | SUÉLEN BAMPI<br>MARCOS ISMAEL SCHULTZ<br>DIOGO OLEKSINSKI<br>NATANAEL RIEDEL | SISTEMA DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES UTILIZANDO MICROCONTROLADOR PIC 16F877A | 1402 |
| **ENGENHARIA ELÉTRICA: PROCESSAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA** | | | |
| 248 | ANDERSON QUEIROZ DA SILVA<br>RENATO WEILLER DALLAGASPERINA<br>ALEX HENRIQUE MARASCA | PROPOSTA DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZANDO DSPIC E MATLAB | 1407 |
| 249 | DANIELI ROBERTA ZAMPIERI LAZZAROTTO<br>MATHEUS WONSICK ROSS<br>HIEDI DOS SANTOS FERREIRA<br>EDSON SANTOS ACCO | SISTEMA DE CONTROLE DE POTÊNCIA ATRAVÉS DE EFEITOS SONOROS | 1413 |
| 250 | GUSTAVO RENÃ FIEDLER<br>PEDRO HENRIQUE PANISSON | INVERSOR DE TENSÃO PWM SENOIDAL MICROCONTROLADO | 1419 |
| 251 | HIÉDI DOS SANTOS FERREIRA<br>DANIEL VINICIUS BELUSSO<br>DANIELI ROBERTA ZAMPIERI LAZZAROTO<br>EDSON SANTOS ACCO | SISTEMA MICROCONTROLADO PARA AQUECEDOR DE AMBIENTES | 1425 |
| 252 | NATANAEL FELIPE KREBS RIEDEL<br>RICARDO ARPINI SOUZA | GERAÇÃO EÓLICA VERTICAL: UMA ALTERNATIVA PARA GERAÇÃO DISTRIBUIDA | 1430 |
| 253 | TAINARA VOLAN<br>ANDERSON JOSÉ BALBINO | CÉLULA A COMBUSTÍVEL APLICADA À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA | 1433 |
| **ENGENHARIA ELÉTRICA: SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA** | | | |
| 254 | GABRIEL KALINOSKI DE ALMEIDA<br>RICARDO ARPINI SOUZA<br>JULCIANO MARMENTINI<br>JEAN MICHEL BRONDANI | ENERGIA EÓLICA OFFSHORE: UM NOVO CONCEITO DE GERAÇÃO | 1440 |
| 255 | LUCAS ENGEL<br>ADILSON LUIS STANKIEWICZ<br>ANDERSON JOSÉ BALBINO<br>DEIVIDI ZAIONS | ESTUDO DE CONVERSORES ESTÁTICOS CC-CC BUCK E BOOST EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, UTILZANDO MÉTODOS DE RASTREAMENTO DE MÁXIMA POTÊNCIA | 1444 |
| 256 | LUCAS ENGEL<br>RICARDO ARPINI SOUZA<br>LUCAS RAFAEL PACHECO<br>MARTIN DANIEL SCHULTZ | BIOMASSA: UMA NOVA ALTERNATIVA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL | 1450 |
| **ENGENHARIA ELÉTRICA: SISTEMAS ELETROELETRÔNICOS APLICADOS** | | | |
| 257 | BRUNO BORBA FLORENCIO<br>IURI RODOLFO MAZIERO POSSA<br>JEAN CARLOS DALLA ROSA<br>LEONARDO REDONDO<br>LUCAS SERRANO | RELÓGIO DIGITAL COM O USO DE CI\'S | 1455 |
| 258 | BRUNO MARTINS DE PÁDUA<br>JUNIOR PESCADOR DOS SANTOS<br>RUAN CARLOS MEIRA<br>JOAN MICHEL LEVANDOSKI | SISTEMA INTELIGENTE DE ACESSO A LABORATÓRIOS | 1459 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 259 | GUILHERME FRICK DE OLIVEIRAJEAN RODRIGO MELLO SEVEROWILLIAN LIPPERT | DESENVOLVIMENTO DE UMA SONDA DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE SOLO PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES UTILIZANDO SENSORES DS18B20 E PROTOCOLO 1-WIRE | 1465 |
| 260 | JOSÉ AUGUSTO CANTON<br>EDUARDO PEDÓ GUTKOSKI<br>AMAURI FAGUNDES BALOTIN<br>LUIZ EDUARDO SCHARDONG SPALDING | DOSADOR ELETRÔNICO DE FERTILIZANTES PARA MORANGOS | 1470 |
| 261 | JULIANO PEREIRA SILVEIRA<br>VALDEMIR DE LIMA JUNIOR<br>GUILHERME YAGO ZULIAN<br>MARCELO ROHRIG<br>THOMPSON LANZANOVA<br>MACKLINI DALLA NORA<br>MARIO EDUARDO SANTOS MARTINS | SISTEMA DE MEDIÇÃO DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA | 1476 |
| 262 | MARÇAL PAINTINGER DE FIGUEIREDO<br>CAMILA SAMPAIO DOS REIS | DESENVOLVIMENTO DE UM OXÍMETRO DE PULSO PORTÁTIL | 1482 |
| 263 | MATEUS NAVA MEZAROBA<br>CÁSSIO LUCIANO BARATIERI | DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL AO CONTROLE VETORIAL DE MOTORES SÍNCRONOS DE ÍMÃS PERMANENTES | 1487 |
| 264 | MATEUS NAVA MEZAROBA<br>CÁSSIO LUCIANO BARATIERI | DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DE CONTROLE E SIMULAÇÃO EM TEMPO REAL BASEADA EM SYSTEM ON CHIP APLICADO A MÁQUINAS ELÉTRICAS | 1493 |
| 265 | MATHEUS MAROSO DA SILVA<br>JOAN MICHEL LEVANDOSKI | ESTUDO DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS RGB PARA USO INDUSTRIAL | 1499 |
| 266 | SUÉLEN BAMPI<br>CAMILA SAMPAIO DOS REIS<br>MARCOS ISMAEL SCHULTZ | PLATAFORMA TECNOLÓGICA APLICADA À COLETA DE PARÂMETROS AMBIENTAIS EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE | 1503 |
| 267 | TAILAN ORLANDO<br>CLAODOMIR ANTONIO MARTINAZZO | COMPARAÇÃO DA CONVERSÃO DE ENERGIA ENTRE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM INCLINAÇÃO FIXA E COM A UTILIZAÇÃO DE SEGUIDORES SOLARES | 1508 |
| **ENGENHARIA ELÉTRICA: TELECOMUNICAÇÕES** | | | |
| 268 | DANIELI ROBERTA ZAMPIERI LAZZAROTTO<br>VINICIUS MELARA<br>NICOLAS LOSS MATTEI<br>CARLOS ALBERTO RAMIREZ BEHAINE | PROJETO COMPARATIVO DE ACOPLAMENTO DE UMA ANTENA YAGI-UDA | 1515 |
| 269 | NÍCOLAS LOSS MATTEI<br>CARLOS ALBERTO RAMIREZ BEHAINE<br>DANIELI ROBERTA ZAMPIERI LAZZAROTTO<br>VINICIUS MELARA | PROJETO DE ANTENA LOG PERIÓDICA E DESEMPENHO COMPARATIVO EXPERIMENTAL | 1521 |
| 270 | VINICIUS MELARA<br>DANIELI ROBERTA ZAMPIERI LAZZAROTTO<br>CARLOS ALBERTO RAMIREZ BEHAINE<br>NICOLAS LOSS MATTEI | PROJETO E COMPARAÇÃO DE PLANOS DE TERRA EM UMA ANTENA HELICOIDAL | 1527 |

| ENGENHARIA MECÂNICA: ENGENHARIA DO PRODUTO | | | |
|---|---|---|---|
| 271 | ADEMILSON SETTI<br>MAURÍCIO RECH<br>LUCAS DALLA MARIA<br>JULIANO DARONCH<br>JOÃO VITOR B. HERZOG<br>LUCIANO FAVRETTO DA ROCHA<br>CHARLES LEONARDO ISRAEL | RELATO DE CASO - ETAPAS INICIAIS DE PROJETO DE P&D PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AUXILIAR DE MANOBRA EM CHAVES SECCIONADORAS | 1534 |
| 272 | ADEMILSON SETTIMAURÍCIO RECHLUCAS DALLA MARIAJULIANO DARONCHJOÃO VITOR B. HERZOGLUCIANO FAVRETTO DA ROCHACHARLES LEONARDO ISRAEL<br>MÁRCIO WALBER | ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE ENSAIO MECÂNICO PARA SECCIONADORES DE ALTA TENSÃO UTILIZANDO METODOLOGIA PROJETUAL: FASES 1 E 2 | 1540 |
| 273 | ADRIANO DOS SANTOS BARELLA<br>LUCAS STEIN DA SILVA<br>MARCIO WALBER<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JUNIOR | METODOLOGIA DE PROJETO APLICADA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE AR DE SALAS CIRÚRGICAS DE ALTA COMPLEXIDADE | 1546 |
| 274 | ÁLLEX SANDER CAPPELLARI<br>MÁRCIO WALBER<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JUNIOR | PROJETO DE ESTRUTURAS PARA BARRAS DE PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA DE GRANDE PORTE | 1552 |
| 275 | GILBERTO MATIAS RUFFATO<br>DÉBORA REGINA SCHNEIDER LOCATELLI | DETERMINACIÓN DE SEGMENTO DE MERCADO DE CONSUMIDORES DE MOTOS ELÉCTRICAS DE UTILIZACIÓN URBANA | 1559 |
| 276 | IVÂNIO TAGLIARI<br>LEANDRO DE FREITAS SPINELLI<br>MAURÍCIO RECH<br>GIOVANI FÁVERO<br>MÁRCIO WALBER<br>CHARLES LEONARDO ISRAEL | UTILIZAÇÃO DE METODOLOGIA SISTEMÁTICA DE PROJETO PARA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DE PÓ MINERAL PARA USO EM IMPRESSORAS 3DP | 1565 |
| 277 | JEAN CARLOS FERRON<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JÚNIOR<br>MÁRCIO WALBER | DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EQUIPAMENTO PARA AERAÇÃO DA ÁGUA FERRUGINOSA | 1571 |
| 278 | MATEUS MARCON SIMIONATO<br>ADEMILSON SETTI<br>RUBENS MENEGUZZI<br>MÁRCIO WALBER<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JÚNIOR | DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM EQUIPAMENTO PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE IMPACTO EM COLUNA VERTEBRAL | 1577 |
| 279 | RUBENS MENEGUZZI<br>MARCIO WALBER<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JUNIOR<br>ADEMILSON SETTI<br>MATEUS SIMIONATO | DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM SISTEMA DE ENGATE RÁPIDO PARA TRATOR-IMPLEMENTO | 1583 |
| 280 | THOMAS FELIPE ZIBETTI<br>JULIAN CONTERNO BORGES<br>MÁRCIO WALBER<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JÚNIOR<br>RUDIMAR CAVALINI BECKER JÚNIOR | DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM EQUIPAMENTO PARA POSICIONAMENTO E FIXAÇÃO PARA PROCESSOS DE CORTE E RECORTE | 1589 |
| 281 | VAGNER MATEUS FUNCK<br>MARIO EDUARDO SANTOS MARTINS<br>DENYS SOUTO COELHO | PROJETO E PROTOTIPAGEM DE ENCHEDOR DE CONTRAPRESSÃO AUTOMÁTICO PARA ENVASE DE CERVEJA | 1595 |
| 282 | VINÍCIUS REGINATO TAUFER<br>MÁRCIO WALBER<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JUNIOR | DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UMA UNIDADE GERADORA DE ENERGIA PARA PLANTADORAS | 1601 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 283 | WILLIAN SAMUEL<br>MÁRCIO WALBER<br>FÁBIO ANDRÉ ZIN<br>AGENOR DIAS DE MEIRA JÚNIOR | DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM SISTEMA DE FREIO DE VEÍCULO OFF-ROAD UTILIZANDO METODOLOGIA PROJETUAL | 1607 |
| **ENGENHARIA MECÂNICA: ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS** | | | |
| 284 | ALAN JOSIAS BIRCK<br>VAGNER SCHUSTER FERRAZZA | COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES PROCESSOS DE ESFEROIDIZAÇÃO EM UM AÇO SAE 52100 | 1614 |
| 285 | ALBINO MOURA GUTERRES<br>NAIRA ELIZABETE BARBACOVI | EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENDURECIMENTO POR PRECIPITAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS EM LIGAS DE AL-SI-MG FUNDIDAS | 1620 |
| 286 | EDGAR MUNARETTO KORF<br>RICHARD THOMAS LERMEN<br>LUIS FELIPE FOSCARINI | AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM PASTAS GEOPOLIMÉRICAS | 1626 |
| 287 | IEMEDELAIS BORDINMARCELO LUÍS MIGNONIELTON LUIS HILLESHEIMVICTOR DE AGUIAR PEDOTT | SÍNTESE DE MATERIAIS DO TIPO MCM-41 VIA SOLDAGEM SUPRAMOLECULAR COM ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE POROS UTILIZANDO SEMENTES DE ZEÓLITAS ZSM-35 E ZSM-5 | 1633 |
| 288 | IEMEDELAIS BORDIN<br>MARCELO LUÍS MIGNONI<br>ELTON LUIS HILLESHEIM<br>VICTOR DE AGUIAR PEDOTT | ESTUDO DA SÍNTESE SEM SOLVENTE DE ZEÓLITAS UTILIZANDO DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO AGENTES DIRECIONADORES DE ESTRUTURA | 1637 |
| 289 | IGOR ENDERLE LODI<br>DANIEL LAGO | ESTUDO DO EFEITO DA TEMPERATURA DE AUSTENITIZAÇÃO NA MICROESTRUTURA E DUREZA DO AÇO SAE 8640 TRATADO TERMICAMENTE | 1643 |
| 290 | MARINÊS LANGOSKI<br>CRISTINA VITORINO DA SILVA | CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DA DUREZA SUPERFICIAL DE CONCRETOS EMPREGADOS EM PISOS PRODUZIDOS COM CIMENTO PORTLAND COMPOSTO | 1649 |
| 291 | VICTOR DE AGUIAR PEDOTT<br>ELTON LUIS HILLESHEIM<br>IEMEDELAIS BORDIN<br>MARCELO LUÍS MIGNONI | SÍNTESE DE MATERIAIS DO TIPO MCM-48 COM ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE POROS VIA SOLDAGEM SUPRAMOLECULAR UTILIZANDO SEMENTES DE DIFERENTES ZEÓLITAS | 1654 |
| 292 | WILLIAN MARCON PERTUZZATTI<br>WÉSLEN GIACOMINI ZANELLA<br>RICARDO TURRA RENOSTO<br>DIÓGENES ANTÔNIO NUNES DE FREITAS<br>WILLIAM HAUPT | INFLUÊNCIA DA CORRENTE DE SOLDAGEM SOBRE A MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DE SOLDAS GTAW DO AÇO SAE 4130 | 1659 |
| **ENGENHARIA MECÂNICA: ENGENHARIA TÉRMICA E DE ESCOAMENTOS** | | | |
| 293 | ANDRESSA GIACOMEL<br>ROBERTA FÁTIMA NEUMEISTER | ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO SOBRE UM MODELO DE EDIFICAÇÃO ISOLADO E COM VIZINHANÇA | 1666 |
| 294 | CARLOS ALBERTO DA MAIA<br>MARCO ANTÔNIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA | ESTUDO ANALÍTICO DE UM VENTILADOR CENTRÍFUGO E CONFECÇÃO DE UMA BANCADA EXPERIMENTAL | 1672 |
| 295 | DIÓGENES WELTER<br>MARCO ANTÔNIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA | ANÁLISE NUMÉRICA DO ESCOAMENTO AO REDOR DA ASA FINITA COM PERFIL EPPLER 423 | 1678 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 296 | DOUGLAS RAFAEL DALLAZEN<br>MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA | ESTUDO EXPERIMENTAL DO PERFIL AERODINÂMICO NACA 23015 UTILIZADO NO AVIÃO AGRÍCOLA EMBRAER IPANEMA EMB 202 | 1684 |
| 297 | ITALO ROSA POLICENA<br>RAFAEL VOGT<br>MARIO EDUARDO SANTOS MARTINS | A UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS EM MOTORES A DIESEL OPERANDO COM IGNIÇÃO POR COMPRESSÃO – UMA REVISÃO | 1690 |
| 298 | MAICON ANDRÉ PASKA<br>MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA | ESTUDO ANALÍTICO E EXPERIMENTAL DE UM TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS OPERANDO EM ESCOAMENTO CRUZADO | 1696 |
| 299 | RAFAEL LUIS AMRGINSKI<br>ROBERTA FATIMA NEUMEISTER | ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO ARAME DE TROPEÇO NO ESCOAMENTO SOBRE CILINDROS | 1702 |
| 300 | RÉGIS DEBASTIANI<br>MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA | ANÁLISE NUMÉRICA E ANALÍTICA DE UM TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS OPERANDO EM ESCOAMENTO CRUZADO | 1708 |
| 301 | TUANE PAULA MAY<br>CRISTIANO VITORINO DA SILVA | SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO REATIVO EM UM FORNO DE QUEDA LIVRE - DTF | 1714 |
| **ENGENHARIA MECÂNICA: PROCESSOS DE FABRICAÇÃO** | | | |
| 302 | DANIEL PEZZINI<br>GUILHERME VIEIRA BRAGA LEMOS<br>ARTHUR BORTOLIN BESKOW | O EFEITO DO PRÉ AQUECIMENTO EM CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083 SOLDADAS PELO PROCESSO FSW | 1721 |
| 303 | GUILHERME SANGALLI<br>GUILHERME VIEIRA BRAGA LEMOS<br>ARTHUR BORTOLIN BESKOW | PROCESSO DE SOLDAGEM FSW APLICADO A LIGAS DE ALUMÍNIO SIMILARES AA 5083-O E AA 5052-O | 1727 |
| 304 | RUDIMAR CAVALINI BECKER<br>JUNIORCARLOS EDMUNDO DE ABREU E LIMA IPARTHOMAS FELIPE ZIBETTI | ANÁLISE DA PERFURAÇÃO NO PROCESSO DE CORTE A JATO DE ÁGUA ABRASIVO EM LIGA DE ALUMÍNIO AA5083 | 1733 |
| 305 | SAULO ANDRE TAMANHO<br>ARTHUR BORTOLIN BESKOW | ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS NA SOLDAGEM POR FRICÇÃO ROTATIVA DO AA-6351-T6 | 1739 |
| **FISIOTERAPIA: DESENVOLVIMENTO HUMANO, SAÚDE E EDUCAÇÃO** | | | |
| 306 | DAIANE DE ABREU<br>ANA LUCIA BERNARDO DE CARVALHO MORSCH<br>FERNANDA DALMASSO CAMERA<br>FERNANDA ANDRADE<br>MARI LUCIA SBARDELOTTO<br>KARINE ANGELICA MALYSZ | AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO COGNITIVA EM PACIENTES COM DOENÇA RENAL CRÔNICA SUBMETIDOS A HEMODIÁLISE NA FHST-ERECHIM | 1748 |
| 307 | MORGANA DE MARCO<br>JULIANA GIROTTO<br>MARLOVA BALKE | EDUCAÇÃO E ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL NO AMBIENTE ESCOLAR. | 1752 |
| 308 | NATÁLIA CADES BOCCA<br>ANA LUCIA BERNARDO DE CARVALHO MORSCH<br>FERNANDA DALMASSO CAMERA<br>FERNANDA ANDRADE<br>MARI LUCIA SBARDELOTTO<br>KARINE ANGELICA MALYSZ | PREVALÊNCIA DE DORES ARTICULARES EM PACIENTES COM DOENÇA RENAL CRÔNICA SUBMETIDOS À HEMODIÁLISE | 1757 |
| 309 | PATRÍCIA MACHADO SCHADEN<br>TAISE COROLESKI<br>CAROLINE LIOTTO | CÃO TERAPEUTA: O AUXÍLIO À SAÚDE E BEM-ESTAR. | 1761 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 310 | RICATI LIMA MAJEWSKI<br>BRUNO KOWALSKI<br>AMITO JOSÉ TEIXEIRA<br>DANIELA DOS SANTOS OLIVEIRA<br>MAURO ÂNTONIO DE ALMEIDA | EQUOTERAPIA | 1766 |
| **EDUCAÇÃO FÍSICA: DESENVOLVIMENTO HUMANO, SAÚDE E EDUCAÇÃO** | | | |
| 311 | CAROLINA PACHECO DA SILVA<br>BRUNO FELIPE ASSONI FALEIRO<br>JOSÉ LUIS DALLA COSTA | OLIMPISMO E METANOIA: ESTRATÉGIAS PARA EQUIPES. | 1773 |
| 312 | RODRIGO KREMPASKI RIBEIRO<br>VINÍCIUS KAMINSKI DE SOUZA<br>JOSÉ LUIS DALLA COSTA | III COLÓQUIO "ESPORTE, MÍDIA E OS ATLETAS DA REGIÃO." | 1777 |
| 313 | STEFANY KREBS<br>HELENA SEVERO DA FONSECA<br>DAIANE PEGORARO | AULAS DE DANÇA: A VIVÊNCIA DE UMA ACADÊMICA SURDA | 1781 |
| 314 | STEFANY KREBS<br>HELENA SEVERO DA FONSECA<br>DAIANE PEGORARO | PARTICIPAÇÃO DA ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA DA URI ERECHIM NO 11º FÓRUM INTERNACIONAL PIERRE DE COUBERTIN | 1786 |
| 315 | VANESSA ALBERTI<br>EMILE ZORTÉA<br>BRUNO FELIPE ASSONI FALEIRO | RAFTING: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DA VIAGEM DE ESPORTES DE AVENTURA POR MEIO DO CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA | 1790 |
| 316 | VANESSA ALBERTI<br>JOSÉ LUIS DALLA COSTA<br>EMILE ZORTÉA | PROGRAMAS MOTIVACIONAIS DESENVOLVIDOS POR MEIO DE VIAGEM DE ESTUDOS DO CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA | 1794 |
| 317 | EDENIR SERAFINI<br>AMANDA LETÍCIA MIOTTO<br>VANDERLEI RAMOS DE OLIVEIRA JUNIOR | O VALOR OLÍMPICO DO RESPEITO NAS AULAS DE EDUCAÇÃO FÍSICA. | 1798 |
| 318 | VINICIUS KAMINSKI DE SOUZA<br>RODRIGO KREMPASKI RIBEIRO<br>JOSÉ LUIS DALLA COSTA | III COLÓQUIO "ESPORTE, MÍDIA E O MARKETING ESPORTIVO." | 1802 |
| **FISIOTERAPIA: PROMOÇÃO, PREVENÇÃO E REABILITAÇÃO DA SAÚDE** | | | |
| 319 | AMANDA WILD KOCHANSKI<br>JANESCA MANSUR GUEDES<br>ZEQUIELA CRISTIANE RUSSI<br>FABRÍZZIO MARTIN PELLE<br>CAREN TAIS PICCOLI MARONESI | EFICÁCIA DE UM PROGRAMA DE TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO NA HÉRNIA DE DISCO LOMBAR: RELATO DE CASO | 1807 |
| 320 | CAMILA PRESOTTO<br>HEVELLEN SHARLENE RIBEIRO FERRAZ ROSA<br>KARINE ANGÉLICA MALYSZ<br>MARI LUCIA SBARDELOTTO<br>JANESCA MANSUR GUEDES<br>ANA LUCIA BERNARDO DE CARVALHO MORSCH | EFEITOS DE UM PROTOCOLO FISIOTERAPÊUTICO NO PÓS-OPERATÓRIO DE FRATURA INTER-CONDILAR DISTAL DE ÚMERO: UM RELATO DE CASO. | 1813 |
| 321 | CAMILA PRESOTTO<br>JANESCA MANSUR GUEDES<br>CAREN PICCOLI MARONEZZI<br>FABRIZZIO PELLE PEREZ<br>ZEQUIELA RUSSI<br>ANA LUCIA BERNARDO DE CARVALHO MORSCH | TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO EM PACIENTE COM ENTORSE AGUDO DE TORNOZELO | 1818 |
| 322 | CASSIA ROSSI BIESSEK<br>JANESCA MANSUR GUEDES<br>FABRIZZIO PELLE PEREZ<br>ANA LUCIA BERNARDO DE CARVALHO MORSCH<br>CAREN TAIS PICCOLI MARONESI<br>ZEQUIELA RUSSI | EFEITOS DE UM PROTOCOLO CINESIOTERAPÊUTICO NA REABILITAÇÃO DE UM PACIENTE COM LOMBOCIATALGIA: RELATO DE CASO | 1823 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 323 | DIANA DIVENSI<br>ARTHIESE KORB | EFEITOS DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS DE CINESIOTERAPIA NA QUALIDADE DE VIDA DE IDOSOS | 1829 |
| 324 | DIANA DIVENSI<br>FERNANDA DAL´MASO CAMERA<br>FERNANDA DUARTE DE ANDRADE<br>ANA LÚCIA BERNARDO DE CARVALHO MORCH<br>MIRIAM SALETE WILK WISNIEWSKI | CONHECIMENTO DA PRÁTICA DE EXERCÍCIO FÍSICO EM DOENTES RENAIS CRÔNICOS SUBMETIDOS À HEMODIÁLISE. | 1835 |
| 325 | INDIANARA PERONDI<br>MÁRCIA BAIRROS DE CASTRO<br>ANA LUCIA BERNARDO DE CARVALHO MORSCH<br>MARI LÚCIA SBARDELOTTO<br>MIRIAM SALETE WILK WISNIEWSKI<br>KARINE ANGÉLICA MALYSZ | EFEITOS DE UM PROGRAMA DE FISIOTERAPIA AQUÁTICA EM GRUPO EM RELAÇÃO À QUALIDADE DE VIDA E A CAPACIDADE FUNCIONAL DE INDIVÍDUOS COM DISTÚRBIOS MUSCULOESQUELÉTICOS | 1839 |
| 326 | JULIANA ANDRIOLLI RIBEIROEDERLAN MAGRI CRISTIANE LUCHESE SIMONE PINTON SANDRA HAASALBANIN APARECIDA MIELNICZKI PEREIRANATALIA PAROULSILVANE SOUZA ROMAN | SEGURANÇA NO USO DE NANOCÁPSULAS CONTENDO ANTI-INFLAMATÓRIOS: ESTUDO HISTOLÓGICO EM CAMUNDONGOS | 1844 |
| 327 | KARINE ANGÉLICA MALYSZ<br>JANESCA MANSUR GUEDES<br>MÁRCIA BAIRROS DE CASTRO<br>FERNANDA DAL MASO CAMERA<br>ANA LÚCIA BERNARDO DE CARVALHO MORSCH<br>MARI LÚCIA SBARDELOTTO | EFEITOS DO TREINAMENTO COM MINI-TRAMPOLIM REALIZADO NA ÁGUA E NO SOLO SOBRE AS VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS, DENSIDADE MINERA ÓSSEA E MARCADORES DE REMODELAÇÃO ÓSSEA EM ADULTAS JOVENS | 1849 |
| 328 | KARINE ANGÉLICA MALYSZ<br>MARI LÚCIA SBARDELOTTO<br>SAMARA VECHIATTO<br>JULIANA PIVA ZANCAN<br>NANCI TUSSI<br>ANA LÚCIA BERNARDO DE CARVALHO MORSCH<br>MÁRCIA BAIRROS DE CASTRO | EFEITOS DO TREINAMENTO COM MINI-TRAMPOLIM REALIZADO NA ÁGUA E NO SOLO SOBRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS, MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS EM ADULTAS JOVENS | 1855 |
| 329 | LEANDRO DOS SANTOS<br>JANESCA MANSUR GUEDES<br>CAREN TAIS PICCOLI MARONESI<br>FABRÍZZIO MARTIN PELLE PEREZ<br>TATIANA COMERLATO<br>ZEQUIELA CRISTIANE RUSSI | EFEITOS DO TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO PARA EPICONDILITE MEDIAL, LATERAL E SÍNDROME DE IMPACTO DO OMBRO: RELATO DE CASO | 1868 |
| 330 | LUISA MARIA GELAIN<br>ALEXANDRE MATTHIENSEN<br>HELISSARA SILVEIRA DIEFENTHAELER<br>AMANDA CARLA MARENGO<br>ANA CLÁUDIA KONZEN<br>SILVANE SOUZA ROMAN | EFEITO DO USO DE CHLAMYDOMONAS BICONVEXA EM UM DÉFCIT COGNITIVO INDUZIDO PELA ESCOPOLAMINA | 1876 |
| 331 | LUISA MARIA GELAIN<br>ALEXANDRE MATTHIENSEN<br>HELISSARA SILVEIRA DIEFENTHAELER<br>FELIPE DOS SANTOS MOYSES<br>ROGÉRIO LUIS CANCIAN<br>SILVANE SOUZA ROMAN | EFEITO PROTETOR DO EXTRATO DE MICROALGAS NO DÉFICIT COGNITIVO INDUZIDO PELA ESCOPOLAMINA EM CAMUNDONGOS | 1881 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 332 | MIRIAN TAÍS TREVISAN<br>FERNANDA DALMASO CAMERA<br>ANA LÚCIA BERNARDO CARVALHO MORSCH<br>FERNANDA ANDRADE<br>MIRIAM SALETE WILK WISNIEVSKI<br>MARI LUCIA SBARDELOTTO | AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SONO EM PACIENTES COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (DRC). | 1885 |
| 333 | MIRIAN TAÍS TREVISAN<br>KARINE ANGÉLICA MALISZ<br>ANA LÚCIA BERNARDO CARVALHO MORSCH<br>MÁRCIA BAIRROS DE CASTRO<br>MARCELA SMANIOTTO<br>MARI LUCIA SBARDELOTTO | A INCLUSÃO DE INDIVÍDUOS COM DEFICIÊNCIA NO MERCADO DE TRABALHO E A RELAÇÃO COM A SUA QUALIDADE DE VIDA | 1889 |
| 334 | PATRICIA PAULA BAZZANELLO<br>HENRIQUEPRISCILA DALLA ROSALIZIANE DAS GRAÇAS PAGNONCELLI<br>ROPELATOCLICIA ALVES BIEBERG | RECURSOS FISIOTERAPÊUTICOS USADOS NO TRATAMENTO DO LINFEDEMA PÓS-MASTECTOMIA RADICAL: REVISÃO DE LITERATURA | 1895 |
| 335 | PRISCILA PERIN BRUSCO<br>FABIANA BERTELLA<br>DAIANA BUCZKOSKI<br>ANA PAULA HÜBNER DA SILVA<br>LUCIÉLE KEMPKA SZCZOTKA<br>FERNANDA DAL'MASO CAMERA | CIGARRO ELETRÔNICO: O QUE SE SABE SOBRE ELE? | 1901 |
| 336 | SAMARA CISLEVSKI VECHIATTO<br>ANA LÚCIA BERNARDO DE CARVALHO<br>ALINE ULKOVSKI<br>JULIANA PIVA ZANCAN<br>MÁRCIA BAIRROS DE CASTRO<br>MARI LÚCIA SBARDELOTTO<br>KARINE ANGÉLICA MALYSZ | EFEITOS DA FISIOTERAPIA AQUÁTICA NO PACIENTE COM AVC: RELATO DE CASO | 1907 |
| 337 | TÁBATA TICIANI<br>CAROLINE BAVARESCO<br>CAMILA GNOATTO<br>LUTIÉLI VALERIO<br>JÉSSICA PASSARIN DA SILVA<br>JOICE PAULA SABEDOT<br>CLARA ELEONORA GOELLNER ROEMMLER<br>AMANDA BENEDUZI<br>LUIZA AMARO GAZZO<br>CLEITON CHIAMONTI BONA<br>GILNEI LOPES PIMENTEL | RELAÇÃO DO USO DA BANDAGEM NO DESEMPENHO FUNCIONAL DE INDIVÍDUOS JOVENS | 1916 |
| 338 | TÁBATA TICIANI<br>LUIZA AMARO GAZZO<br>AMANDA BENEDUZI<br>CLARA ELEONORA GOELLNER ROEMMLER<br>JOICE PAULA SABEDOT<br>JÉSSICA PASSARIN DA SILVA<br>LUTIÉLI VALERIO<br>CAMILA GNOATTO<br>CAROLINE BAVARESCO<br>LEONARDO CALEGARI<br>GILNEI LOPES PIMENTEL | RESPOSTA MUSCULAR ISOMÉTRICA AO USO DA BANDAGEM FUNCIONAL | 1919 |

| MEDICINA VETERINÁRIA: ANATOMIA DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO | | | |
|---|---|---|---|
| 339 | DANIELA BONET<br>DANIEL CARLOS BONET<br>LINDOMAR CEMBRANEL<br>GABRIELLA CARVALHO<br>SABRINA BEDENDO<br>JOZIAS BRUSTOLIN<br>MAICO ERNANI ALVES DA SILVA<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA | PROCESSO DE CRIODESIDRATAÇÃO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO INFERIOR DE UM SUÍNO | 1924 |
| 340 | PATRÍCIA TUSSI<br>BÁRBARA CAPPELLETTO BARBOSA NUNES<br>DENISE MICHELON<br>ROSANA CARLA COMANDULLI<br>DANIELA DOS SANTOS DE OLIVEIRA<br>MAURO ANTÔNIO DE ALMEIDA<br>ROVANA ROMANI | UROLITÍASE EM FELINOS: UM ESTUDO DE CASO | 1929 |
| 341 | CASSIANE MARINI GARBINLEONARDO SOUZA ROSA | CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE BEBIDAS LÁCTEAS FERMENTADAS COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE ERECHIM – RS | 1933 |
| 342 | GABRIELA SMOLINSKI DA SILVA<br>MARLICE SALETE BONACINA | PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE EMBUTIDOS CÁRNEOS FERMENTADOS | 1938 |

CONIGTI

# Administração:
# Estratégia, Gestão e Operações Empresariais

REALIZAÇÃO:

URI
ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SISTEMAS PRODUTO-SERVIÇO: A BUSCA DE UM FUTURO SUSTENTÁVEL

**Leandro Marcio Langoski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim
leandrom@uricer.edu.br

***Abstract.*** *Os Sistemas Produto-Serviço (PSS) é uma estratégia de inovação com o propósito de integrar produto e serviço visando atender as necessidades do cliente e reduzir os impactos ambientais. A proposta deste artigo é uma reflexão teórica por meio de pesquisa exploratória e bibliográfica buscando analisar o PSS e a sustentabilidade. O objetivo é mostrar que o PSS pode contribuir para desenvolvimento da sustentabilidade e assim, tornar os negócios atrativos e interessantes para os stakeholders.*

***Keywords:*** *Sistemas Produto-Serviço, Sustentatilidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

Uma mudança está acontecendo nos negócios tradicionais, e é notória a linha divisória entre fabricantes e empresas de serviços. Desde a década de 1980, uma transição tem sido reconhecida a partir de uma ênfase na fabricação de produtos para a prestação de serviços. No início, o marketing tratou esse assunto como "servitização" e, mais tarde, já no fim dos anos 1990, Goedkoop et al (1999) criou o termo PSS (Sistemas Produto-Serviço), em uma referência à combinação de produtos e serviços para reduzir o impacto ambiental. As soluções integradas (produto + serviço) permitiram aos fabricantes um ganho financeiro quando se adicionou o serviço como mais um diferencial além do produto comercializado.

Os sistemas produto-serviço (PSS) são uma proposta de negócio para conduzir os atuais padrões de produção e consumo a um nível de sustentabilidade, buscando benefícios econômicos, ambientais e sociais. O PSS é um tipo específico de estratégia em que uma empresa (ou rede) oferece para (ou coproduz com) os seus clientes. É uma mistura de produtos tangíveis e serviços intangíveis projetados e combinados de modo que, em conjunto, são capazes de satisfazer as necessidades dos consumidores finais (AURICH; FUCHS; WAGENKNECHT, 2006; MANZINI; VEZZOLI, 2003; SOUSA; MIGUEL, 2015).

Este trabalho é uma pesquisa bibliográfica e exploratória buscando analisar o PSS e a sustentabilidade. O objetivo é mostrar que o PSS pode contribuir para desenvolvimento da sustentabilidade e assim, tornar os negócios atrativos e interessantes para os *stakeholders*. É um assunto muito recente e que desperta interesse da academia para o desenvolvimento de pesquisas.

O artigo num primeiro momento traz a definição de PSS e a sua classificação. Posteriormente, aborda a sustentabilidade e o PSS, e finaliza com comentários da importância de novos modelos de negócios para o desenvolvimento sustentável das organizações.

## 2. SISTEMAS PRODUTO-SERVIÇO

Os sistemas produto-serviço (PSS) são uma oportunidade competitiva para as empresas, em que se aplicam estratégias de inovação, deslocando o foco de negócio da concepção de produtos físicos para a concepção de um sistema de produtos e serviços que, em conjunto, são capazes de cumprir exigências específicas do cliente. O propósito do PSS é explorar melhor os benefícios potenciais de integração de desenvolvimento de produtos com serviços relacionados. Também, propõe-se um mix de inovações, com o objetivo de mover a sociedade em direção a futuros mais sustentáveis (CATULLI; COOK; POTTER, 2017; WU et al., 2016). Seu objetivo final é melhorar a rentabilidade e a competitividade de uma empresa, bem como satisfazer as necessidades dos clientes, minimizando o impacto ambiental (MANZINI; VEZZOLI, 2003; NGAI et al., 2012).

A origem do PSS se deu no final dos anos 1990, no norte da Europa, tendo como precursor um trabalho de Goedkoop et al. (1999), que salientaram a preocupação com o impacto ambiental. Esse relatório foi encomendado pelos

Ministérios do Meio Ambiente e Assuntos Econômicos da Holanda. Posteriormente, foi tema de estudo na Escandinávia, Países Baixos, Itália e difundido em outros lugares (BAINES et al., 2007).

Um dos principais elementos de um PSS é a satisfação do cliente (tanto para negócios, quanto para o usuário final), que vem da venda de um serviço em vez de fornecer um produto. Baseia-se em uma nova interpretação do conceito do produto, que passa do produto como resultado físico de um processo industrial de produção para uma integração produto-serviço, com finalidade de atender a demanda dos clientes (MANZINI; VEZZOLI, 2003). O interesse fundamental é produzir sinergias entre lucro, competitividade e benefícios ambientais (BAINES et al., 2007; CAVALIERI; PEZZOTTA, 2012; GOEDKOOP et al., 1999).

No quadro a seguir são abordados os conceitos elaborados por alguns autores para definir PSS:

Quadro 2.1 - Definição de Sistemas Produto-Serviço

| Autor | Definição |
|---|---|
| Goedkoop et al. (1999) | É um sistema de produtos, serviços, redes de envolvidos e infraestrutura de apoio que continuamente se esforçam para ser competitivos, satisfazer as necessidades dos clientes e ter um menor impacto ambiental do que os modelos tradicionais de negócios. |
| Mont (2002) | Um conjunto comercializável de produtos e serviços capazes de atender as necessidades de um usuário. A relação produto-serviço neste conjunto pode variar, tanto em termos de cumprimento da função quanto de valor econômico. Assim, os modos mais intensivos de uso de produtos tradicionais são substituídos pela possibilidade de satisfazer as necessidades dos consumidores através da prestação de serviços mais desmaterializados, que também são frequentemente associados a mudanças na estrutura de propriedade. |
| Tukker e Tischner ( 2006) | PSS é uma mistura de produtos tangíveis e serviços intangíveis concebidos e combinados de forma a serem conjuntamente capazes de satisfazer as necessidades dos clientes finais. |
| Baines et al. (2007) | É uma oferta de produtos e serviços integrados que oferece valor em uso. O PSS oferece oportunidade de dissociar o sucesso econômico do consumo de materiais e, consequentemente, reduzir o impacto ambiental da atividade econômica. |
| Tuli; Kohli; Bharadwaj (2007) | Um conjunto de processos relacionais entre fornecedor e cliente que compreende (a) definição de requisitos dos clientes, (b) personalização e integração de bens e/ou serviços, (c) sua implantação, (d) e o suporte ao cliente pós-implantação, todos os quais visando atender as necessidades dos clientes. |
| Boehm; Thomas (2013) | PSS é um pacote integrado de produtos e serviços que visa criar utilidade e geração de valor ao consumidor. |

Fonte: Autor

As definições mais citadas na literatura sobre o PSS têm como autores Baines et al. (2007), Goedkoop et al. (1999) e Mont (2002). Estes autores destacam os seguintes elementos fundamentais do PSS: os principais objetivos do PSS são a diferenciação na oferta ao cliente e a redução do impacto ambiental causado pelo aumento do consumo; o PSS representa uma oportunidade de mudar de venda de produtos para venda de soluções por meio da utilização desses produtos.

O PSS é um modelo de negócios que possibilita melhorias significativas na produtividade dos recursos, com o objetivo de atender as necessidades dos clientes, e que pode melhorar os impactos ambientais, econômicos e sociais. É buscar inovações em produtos e serviços e demonstrar que é possível aplicar a sustentabilidade nos negócios.

## 2.1 Classificação para o PSS

Várias são as classificações para o PSS, mas Tukker (2004) desenvolveu uma classificação para o PSS, que é aceita pela academia (BARQUET et al., 2013; MANZINI; VEZZOLI, 2003; TUKKER; TISCHNER, 2006):

- Serviço orientado ao produto: vende-se um produto físico e este vem com serviços extras promovidos pelos provedores do PSS; o consumidor adquire o produto, e também utiliza os serviços que a empresa oferece acrescentando valor ao produto. Pode-se citar como exemplos contratos de venda de produtos, manutenção e consultoria. Ainda serviços de pós-venda que visam garantir funcionalidade e durabilidade do produto – reparo, reutilização, reciclagem e treinamento (AURICH; MANNWEILER; SCHWEITZER, 2010; BARQUET et al., 2013).

Neste modelo, o foco permanece principalmente na venda de um produto, e com ele serviços extras. Os direitos de propriedade sobre os produtos são transferidos para o cliente e o fornecedor é responsável pelos serviços acordados (AZARENKO et al., 2009; BAINES et al., 2007; TUKKER, 2004).

O modelo orientado ao produto é baseado principalmente na oferta de produto, porém com as responsabilidades do fornecedor, buscando uma adição de valor que aumentaria a taxa do produto em uso. Para a indústria não há muita

diferença entre o cenário tradicional e o orientado ao produto, pois, em ambos os casos, o cliente tem todos os direitos de uso do equipamento. O que pode ocorrer é um acordo de manutenção com o fornecedor ou uma empresa de manutenção, independente para prestar-lhe um serviço (AZARENKO et al., 2009; BEUREN; GOMES FERREIRA; CAUCHICK MIGUEL, 2013; TUKKER; TISCHNER, 2006; YOON; KIM; RHEE, 2012).

Este modelo representa um cenário de relação atual entre um fornecedor e os clientes. O que se pode salientar é que tanto para os clientes quanto para os fornecedores este modelo aparece como o mais familiar, uma vez que utiliza, basicamente, conhecimento e experiência que tem sido adquirida por muitos anos. O fornecedor pode usar o modelo comercial tradicional (produto/preço) e agregar valor por ações adicionais. O fornecedor perde os direitos de propriedade do equipamento e, portanto, não pode monitorar e controlar. No entanto, o fornecedor deve ter o programa de manutenção para garantir a utilização do equipamento durante um determinado período de tempo. Além disso, pode haver um acordo de retorno do produto quando o produto atinge o ponto de fim de vida útil (AZARENKO et al., 2009; BAINES et al., 2007; REIM; PARIDA; ÖRTQVIST, 2015).

- Serviço orientado ao uso: nesta perspectiva o fornecedor não vende o produto físico, mas o torna disponível sob locação ou acordo de arrendamento. O produto é de propriedade do seu fabricante ou empresas, que vende uso ou funções do produto por leasing, compartilhamento ou aluguel. O PSS maximiza o uso do produto, estendendo o seu ciclo de vida e a reutilização de materiais (TUKKER, 2004; TUKKER; TISCHNER, 2006; BAINES et al., 2007).

Nesta classificação verifica-se claramente que o produto, enquanto ainda central, não é vendido ao cliente, mas o seu uso ou disponibilidade é garantida por um determinado período, no qual o fornecedor é pago periodicamente. A propriedade do produto não é transferida para o cliente, e os riscos e responsabilidades do prestador de serviços aumentam em comparação ao modelo de serviço orientado ao produto (BAINES et al., 2007; MEIER; VÖLKER; FUNKE, 2011; MONT; TUKKER, 2006).

Se a responsabilidade do prestador do PSS aumenta, este vai preferir desenvolver produtos que utilizem materiais de longa duração e oferecer serviços para manter seus produtos em boas condições de trabalho pelo maior tempo possível (TUKKER, 2004; BAINES et al., 2007).

O modelo orientado ao uso focaliza a oferta de serviços e a demarcação de responsabilidades e insinua um desempenho de tarefas mais eficiente, já que o fornecedor está disposto a fornecer um serviço abrangente e a diminuir o custo de funcionamento do sistema global. Tanto fornecedor quanto cliente tem interesse em reduzir as despesas do sistema global, e estão empenhados na realização do mesmo objetivo – atender suas necessidades (AZARENKO et al., 2009; MONT, 2002; SPRING; ARAUJO, 2009; TUKKER; HALEN, 2003).

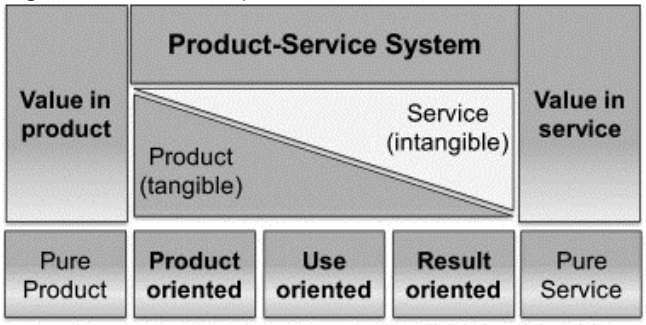
- Serviço orientado para o resultado: o comprador não adquire o produto físico, mas o seu serviço, como, por exemplo, o serviço de impressão ou cópias. Também é exemplo a terceirização, em que a empresa decide passar um setor para outra organização, dedicando-se ao seu core business. Outro exemplo são os serviços de limpeza, em que não existe produto(s) físico(s), mas resultados esperados (TUKKER, 2004; YOON; KIM; RHEE, 2012).

Nesta perspectiva orientada para os resultados de modelos de negócios PSS, um fornecedor se compromete a fornecer determinado resultado e não um produto ou serviço específico. Não se paga por um produto específico, mas para o resultado contratado, e o fornecedor é totalmente responsável, bem como são seus os direitos de propriedade (BAINES et al., 2007; REIM et al., 2015).

No PSS orientado a resultados, o fornecedor concorda com o cliente em entregar o resultado com recursos humanos e materiais muito menores. Neste cenário pretende-se fornecer um resultado funcional da utilização do próprio equipamento ou do serviço. Então, ocorre uma alteração nos papéis do fornecedor e do cliente no sistema tradicional, pois o fornecedor entrega um resultado através de um produto (que é de sua propriedade) e o cliente paga apenas pelos resultados (MONT; TUKKER, 2006; AZARENKO et al., 2009; BARQUET et al., 2013).

Na Figura 2.1 é representada a classificação do PSS proposta por Tukker (2004).

Figura 2.1 - Classificação do PSS




Fonte: Tukker (2004)

Verifica-se que no PSS orientado ao produto se valoriza muita a aquisição do bem tangível (valor está no produto), mas obviamente o serviço estará presente, e será um diferencial. Quanto ao PSS orientado ao resultado, tem-se o oposto, a valorização do serviço (bem intangível). E no PSS orientado ao uso procura-se satisfazer o cliente com um produto que não será adquirido, mas cedido para o uso.

O que se apresentou são modelos de negócios e dão uma ideia para as empresas de como um PSS pode ser pensado. Modelo de negócio é uma ferramenta que serve para representar como se planejou uma organização e a comunicação de suas escolhas. Nele se descreve como uma empresa cria, entrega e captura valor com base em suas escolhas estratégicas. Ele diminui a complexidade lógica de um negócio, fornecendo uma visão de como uma empresa pode criar valor a partir de seus recursos e implementar a sua estratégia (AZARENKO et al., 2009; BARQUET et al., 2016, 2013; RICHTER; SADEK; STEVEN, 2010).

## 2.2 Sustentabilidade

Na última década, a humanidade tem reagido aos problemas de sustentabilidade buscando estratégias mais limpas para a confecção de produtos. Os modelos de desenvolvimento socioeconômico dominantes no contexto da indústria são insustentáveis, e a busca por meios de produção mais corretos tem sido alvo de muitas empresas (CHOU; CHEN; CONLEY, 2015; VEZZOLI et al., 2012).

A sustentabilidade é um dos assuntos de grandes debates no meio acadêmico e empresarial, pois as questões socioambientais se tornaram extremamente importantes no âmbito empresarial, e muitas empresas utilizam os recursos naturais e o meio social para se manter competitivas no mercado. Está relacionado com a necessidade de encontrar maneiras de interação da sociedade com a natureza e o progresso das empresas. O termo envolve transformação e até mudanças radicais da economia global em termos de produtos, comportamentos, tecnologia e estrutura econômica (ambiente externo), bem como mudanças de valores, propósitos e visões para o futuro (ambiente interno) (MYLAN, 2015; TUKKER; TISCHNER, 2006).

Sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável foi descrito pela primeira vez pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED) em 1987 como um desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades. É amplamente reconhecido que a definição da WCED integra as questões sociais, ambientais e econômicas. A forma como é normalmente operacionalizada é por meio de TBL – *Triple Bottom Line*, que simultaneamente considera e equilibra as questões econômicas, ambientais e sociais do ponto de vista microeconômico (GIMENEZ; SIERRA; RODON, 2012; LEE et al., 2012; MYLAN, 2015).

Até o final da década de 1970, as empresas eram consideradas sustentáveis caso fossem economicamente saudáveis, ou seja, com um patrimônio e lucros em constante evolução. Em meados dos anos 1990, o inglês John Elkington desenvolve o TBL, conhecido também como o tripé da sustentabilidade ou os três pilares da sustentabilidade. O autor propôs uma nova forma de fazer negócios, em que os resultados das organizações devem ser medidos sob os aspectos econômicos, ambientais e sociais (ELKINGTON, 2001, 2006; WAHID; MOHD. MUSTAMIL, 2017). O conceito de TBL sugere que as empresas não só precisam se envolver em comportamento social e ambientalmente responsável, mas também com ganhos financeiros positivos nesse processo.

O TBL é importante para as empresas que buscam o desenvolvimento sustentável e, assim, pode ser explicado na gestão de operações: a sustentabilidade econômica é geralmente bem compreendida, e caracterizada como custos de produção ou de fabricação. No entanto, o que às vezes não é tão claro é a definição de sustentabilidade ambiental e social. Ao nível das instalações, a sustentabilidade ambiental refere-se ao uso de energia e outros recursos que as empresas deixam para trás em suas operações. Está frequentemente relacionada com a redução de resíduos, a redução da poluição, a eficiência energética, a redução de emissões, a diminuição do consumo de materiais perigosos, nocivos ou tóxicos, a diminuição da frequência de acidentes ambientais, entre outros. Quanto à sustentabilidade social, significa que as empresas proporcionam oportunidades equitativas, incentivam a diversidade, promovendo a conexão dentro e fora da comunidade, assegurando a qualidade de vida e proporcionando processos democráticos e estruturas de governança responsáveis (Responsabilidade Social Corporativa - RSE) como forma de melhorar sua reputação social.

Nesta última década, notadamente, as empresas, como atores-chave na sociedade, têm sido pressionadas a mudar a forma como fazem negócios para integrar os princípios do desenvolvimento sustentável em suas práticas diárias e divulgar seus impactos e contribuições para o desenvolvimento sustentável (HACKING; GUTHRIE, 2008; LEE et al., 2012; VEZZOLI et al., 2012). Então, as empresas líderes começaram a implementar e medir ações e divulgar suas contribuições para o desenvolvimento sustentável. Essas empresas perceberam oportunidades emergentes significativas nessa nova realidade e iniciaram uma dinâmica voltada para a integração da sustentabilidade como fonte de vantagem competitiva, exigindo que a mesma seja internalizada e integrada em todos os aspectos organizacionais e na forma de fazer negócios.

Com a ascensão da sustentabilidade, cresce a necessidade para soluções sustentáveis, e neste ponto que o PSS tem recebido uma especial atenção. Partindo do seu conceito, um dos pontos principais do PSS é a sustentabilidade que está intimamente ligada ao impacto ambiental (GOEDKOOP et al., 1999; MONT, 2002a; MANZINI; VEZZOLI, 2003).

Para Roy (2000), Tukker (2004) e Mont & Tukker (2006), avaliar a sustentabilidade no PSS requer uma abordagem dinâmica e multidimensional.

Na abordagem dinâmica, o PSS consiste de muitos elementos, incluindo produtos, serviços e atores relevantes (as partes interessadas). Esta estrutura complexa e inter-relação dos interessados precisa ser avaliada com base nas relações de longo prazo entre as diferentes partes interessadas e sua comunicação com o outro para alçar a sustentabilidade (MONT; TUKKER, 2006; BAINES et al., 2007; LEE et al., 2012). Em relação à multidimensionalidade, a avalição da sustentabilidade no PSS não pode estar limitada ao seu impacto ambiental, mas também presente no impacto econômico e no social. Em uma empresa, o objetivo principal é o lucro, pois a atribuição de valor econômico para cada parte interessada é uma prioridade e não pode ser negligenciada. O PSS pode ser um promotor da mudança social para a economia funcional, exigindo elevados níveis de mudança de comportamento, que são criticamente associados com o impacto social sobre os stakeholders.

Resumidamente, o quadro a seguir apresenta a sustentabilidade no PSS na perspectiva TBL.

**Quadro 2.4 - Sustentabilidade no PSS**

| TBL | Definição |
|---|---|
| Sustentabilidade Ambiental | O PSS é ambientalmente sustentável quando as atividades de produção e consumo são planejadas para serem superiores, comparativamente aos produtos existentes. |
| Sustentabilidade Econômica | O PSS é economicamente sustentável quando sua operação é positiva, e cumpre com a motivação econômica de cada *stakeholder*. |
| Sustentabilidade Social | O PSS é socialmente sustentável quando ele é aceito como melhoria social do bem-estar público sem invalidar a justiça social. |

Fonte: Autor baseado em Lee et al. (2012)

O quadro demonstra uma busca pela satisfação dos stakeholders com soluções PSS, e também por cumprir, ao mesmo tempo, com os requisitos da sustentabilidade.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tendências atuais da indústria e do comércio são buscar soluções específicas para os clientes. E uma delas é a integração de produtos e serviços, com o intuito de alcançar uma vantagem competitiva e se destacar no mercado como inovador e preocupado com soluções sustentáveis. Essa combinação de produtos e serviços, conhecida como Sistemas Produto-Serviço leva a um maior beneficio ao cliente.

É neste contexto, tendo a sociedade cada vez mais preocupada com o meio ambiente e a sustentabilidade, é que o modelo PSS pode auxiliar as empresas a mostrar para a sociedade que ela pode fazer algo. O PSS é um modelo de negócios preocupado com um futuro mais promissor, com produtos e serviços personalizados e diferenciados.

É um assunto com pouco mais de uma década de estudo, mas que reserva muitas análises para o seu desenvolvimento teórico e prático, e neste trabalho buscou-se dar uma visão do PSS e a sua relação com a sustentabilidade, atendendo as expectativas dos *stakeholders*.

## 4. REFERENCES

AURICH, J. C.; FUCHS, C.; WAGENKNECHT, C. Life cycle oriented design of technical Product-Service Systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 17, p. 1480–1494, 2006.

AZARENKO, A et al. Technical product service systems: some implications for the machine tool industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 5, p. 700–722, 2009.

BAINES, T. S. et al. State-of-the-art in product-service systems. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 221, n. 10, p. 1543–1552, 2007.

BARQUET, A. P. et al. Sustainable Product Service Systems – From Concept Creation to the Detailing of a Business Model for a Bicycle Sharing System in Berlin. **Procedia CIRP**, v. 40, p. 524–529, 2016.

BARQUET, A. P. B. et al. Employing the business model concept to support the adoption of product-service systems (PSS). **Industrial Marketing Management**, v. 42, n. 5, p. 693–704, 2013.

BEUREN, F. H.; GOMES FERREIRA, M. G.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. Product-service systems: A literature review on integrated products and services. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 222–231, 2013.

BOEHM, M.; THOMAS, O. Looking beyond the rim of one's teacup: A multidisciplinary literature review of Product-Service Systems in Information Systems, Business Management, and Engineering & Design. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 245–250, 2013.

CATULLI, M.; COOK, M.; POTTER, S. Consuming use orientated product service systems: A consumer culture theory perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 1186–1193, 2017.
CAVALIERI, S.; PEZZOTTA, G. Product-service systems engineering: State of the art and research challenges. **Computers in Industry**, v. 63, n. 4, p. 278–288, 2012.
CHOU, C. J.; CHEN, C. W.; CONLEY, C. An approach to assessing sustainable product-service systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 86, p. 277–284, 2015.
ELKINGTON, J. Enter the Triple Bottom Line. **The Triple Bottom Line: Does it all Add Up?**, v. 1, n. 1986, p. 1–16, 2001.
ELKINGTON, J. Governance for Sustainability. **Corporate Governance: An International Review**, v. 14, n. 6, p. 522–529, 2006.
GIMENEZ, C.; SIERRA, V.; RODON, J. Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 149–159, 2012.
GOEDKOOP, M. J. et al. **Product Service systems , Ecological and Economic Basics**. [s.l: s.n.]. v. 36
HACKING, T.; GUTHRIE, P. A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, Integrated, and Sustainability Assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 28, n. 2–3, p. 73–89, 2008.
LEE, S. et al. Dynamic and multidimensional measurement of product-service system (PSS) sustainability: A triple bottom line (TBL)-based system dynamics approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 32, p. 173–182, 2012.
MANZINI, E.; VEZZOLI, C. A strategic design approach to develop sustainable product service systems: Examples taken from the "environmentally friendly innovation" Italian prize. **Journal of Cleaner Production**, v. 11, n. 8 SPEC., p. 851–857, 2003.
MEIER, H.; VÖLKER, O.; FUNKE, B. Industrial Product-Service Systems (IPS2) : Paradigm shift by mutually determined products and services. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 52, n. 9–12, p. 1175–1191, 2011.
MONT, O. Clarifying the concept of product – service system. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 237–245, 2002.
MONT, O.; TUKKER, A. Product-Service Systems: reviewing achievements and refining the research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 17, p. 1451–1454, 2006.
MYLAN, J. Understanding the diffusion of Sustainable Product-Service Systems: Insights from the sociology of consumption and practice theory. **Journal of Cleaner Production**, v. 97, p. 13–20, 2015.
NGAI, E. W. T. et al. Development of the conceptual model of energy and utility management in textile processing: A soft systems approach. **International Journal of Production Economics**, v. 135, n. 2, p. 607–617, 2012.
REIM, W.; PARIDA, V.; ÖRTQVIST, D. Product-Service Systems (PSS) business models and tactics - A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 97, p. 61–75, 2015.
RICHTER, A.; SADEK, T.; STEVEN, M. Flexibility in industrial product-service systems and use-oriented business models. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 128–134, 2010.
ROY, R. Sustainable product-service systems. **Futures**, v. 32, n. 3–4, p. 289–299, 2000.
SOUSA, T. T.; MIGUEL, P. A. C. Product-service Systems as a Promising Approach to Sustainability: Exploring the Sustainable Aspects of a PSS in Brazil. **Procedia CIRP**, v. 30, p. 138–143, 2015.
SPRING, M.; ARAUJO, L. Service, services and products: rethinking operations strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 5, p. 444–467, 2009.
TUKKER, A; HALEN, C. VAN. Innovation scan for product service systems. **PriceWaterhouseCoopers, London**, v. 1, n. 34107196, p. 1–94, 2003.
TUKKER, A. Eight types of product-service system: Eight ways to sustainability? Experiences from suspronet. **Business Strategy and the Environment**, v. 13, n. 4, p. 246–260, 2004.
TUKKER, A.; TISCHNER, U. Product-services as a research field: past, present and future. Reflections from a decade of research. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 17, p. 1552–1556, 2006.
TULI, K. R.; KOHLI, A. K.; BHARADWAJ, S. G. Rethinking Customer Solutions: From Product Bundles to Relational Processes. **Journal of Marketing**, v. 71, n. 3, p. 1–17, 2007.
VEZZOLI, C. et al. Why have "Sustainable Product-Service Systems" not been widely implemented? Meeting new design challenges to achieve societal sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 35, p. 288–290, 2012.
WAHID, N. K. A.; MOHD. MUSTAMIL, N. Ways to maximize the triple bottom line of the telecommunication industry in Malaysia. **Journal of Organizational Change Management**, v. 30, n. 2, p. 263–280, 2017.
WU, B. et al. Configuration and operation architecture for dynamic cellular manufacturing product-service system. **Journal of Cleaner Production**, 2016.
YOON, B.; KIM, S.; RHEE, J. An evaluation method for designing a new product-service system. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, p. 3100–3108, 2012.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Agronomia e Engenharia Agrícola: Agronegócios

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# FERRUGEM ASIÁTICA E MOFO BRANCO NA SOJA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

**Alessandro Daponte**
**Fabiano polloni**
**Victor André Variani**
**Amito José Teixeira**
**Daniela dos Santos de Oliveira**
**Antonio Sergio do Amaral**
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
**Vinícius Gustavo Lira Borsa**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias

***Emails:*** *alessandrodapont@hotmail.com; fabiano@futurainsumos.com.br; victor_variani@hotmail.com; amito@uricer.edu.br;* danielaoliveira@uricer.edu.br; asamaral@uriecer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; vinilira196@gmail.com.

**Resumo:** *Percebe-se a necessidade de informação aos produtores rurais sobre o controle da ferrugem asiática e o mofo branco. O trabalho tem como seu objetivo geral analisar como minimizar a infecção da ferrugem asiática e mofo branco na cultura da soja. Os objetivos específicos são: Caracterizar a patologia da ferrugem asiática e mofo branco; averiguar métodos eficazes para o controle da Ferrugem asiática e mofo branco; propor métodos de controle da ferrugem asiática e mofo branco que sirvam aos produtores rurais. fOI realizada uma revisão bibliográfica mediante leitura sistemática, com fichamento de cada obra, ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão. Quanto aos seus objetivos, este trabalho é classificado/a como trabalho exploratório, pois utiliza-se de levantamento bibliográfico. O diálogo entre as teorias, os autores estudados e os achados do trabalho permitiram a discussão e formulação de conclusões, que embora provisórias, possam atuar como norteadoras de novos trabalhos. Após averiguar-se o trabalho de revisão bibliográfica, conclui-se que o controle fitossanitário da soja é essencial e de suma importância para obter-se uma lavoura, de boa sanidade, qualidade e produtividade.*

**Palavras chave:** *Mofo branco, ferrugem asiática, fungicida*.

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a perda de produção da soja nas lavouras ao decorrer dos últimos anos à necessidade de adequado manejo fitossanitário para o controle da ferrugem asiática e mofo branco. Diante disso as lavouras, poderão gerar maior produtividade gerando lucratividade ao produtor rural.

Percebe-se a necessidade de informação aos produtores rurais sobre o controle da ferrugem asiática e o mofo branco.

O presente trabalho versa sobre Patologias da cultura da soja. Averiguação de fatores que influenciam e afetam o cultivo da soja.

É importante para auxiliar os produtores de soja que o manejo no controle de Ferrugem Asiática e de Mofo Branco seja eficaz para que haja boa qualidade e produtividade.

O trabalho teve como seu objetivo geral analisar como minimizar a infecção da ferrugem asiática e mofo branco na cultura da soja. Os objetivos específicos são: Caracterizar a patologia da ferrugem asiática e mofo branco; averiguar métodos eficazes para o controle da Ferrugem asiática e mofo branco; propor métodos de controle da ferrugem asiática e mofo branco que sirvam aos produtores rurais. Com relação aos procedimentos técnicos o trabalho é bibliográfico, pois, utiliza material já publicado em livros, artigos, periódicos, monografias, dissertações e teses.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão bibliográfica foi realizada mediante leitura sistemática, com fichamento de cada obra, ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão.

Neste trabalho usou-se o método hermenêutico, que discute as principais ideias dos autores pesquisados sobre a problemática posta. Mediante leitura sistemática, de livros, periódicos e artigos científicos encontrados nas bases de dados online do Google Acadêmico, e Periódicos da Capes.

A busca realizada nas bases de dados foi realizada no período de fevereiro a maio de 2018 e inclui artigos publicados de 2010 a 2018.

Pode-se classificar esse trabalho, do ponto de vista de sua natureza como básico, uma vez que tem como objetivo gerar conhecimentos novos e de interesse universal.

Quanto aos seus objetivos, este trabalho é classificado/a como trabalho exploratório, pois utiliza-se de levantamento bibliográfico.

Com relação aos procedimentos técnicos o trabalho é bibliográfico, pois, utiliza material já publicado em livros, artigos, periódicos, monografias, dissertações e teses.

O diálogo entre as teorias, os autores estudados e os achados do trabalho permitiram a discussão e formulação de conclusões, que embora provisórias, possam atuar como norteadoras de novos trabalhos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Houaiss (1999) patologia é a especialidade que estuda as doenças e as alterações que estas provocam no organismo, qualquer desvio anatômico e/ou fisiológico, em relação a normalidade que constitua uma doença ou caracterize uma determinada doença.

De acordo com Pogetto et al (2012 p. 1706), foi avaliado o desenvolvimento da ferrugem asiática e da produtividade da cultura da soja em razão de pulverizações de fungicidas realizadas em diferentes estádios fenológicos da cultura V10, R2 e R5.2. Na testemunha foi deixado sem a aplicação em R2. As aplicações que foram feitas em V10, R2 e R 5.2 foram superior as realizadas em V10 e R5.2, promovendo um maior controle da ferrugem. Os resultados evidenciaram que a pulverização de fungicida é indispensável para diminuir as perdas de produtividade.

Madalosso et al (2010 p. 87) o trabalho foi conduzido em duas safras. As aplicações foram realizadas com o fungicida Ciproconazol + Azoxstrobina + Nimbus. As parcelas foram compostas dos espaçamentos entrelinhas de 40, 50 e 60 cm, com densidade de 30 plantas/m². Considerando que o estabelecimento da doença ocorre primeiro na fase inferior das plantas, fazem com que a quantidade de doença seja maior e como consequência da evolução da infecção a metade superior é atacada. Com base nos resultados alcançados, foi possível concluir que a redução do espaçamento entrelinhas houve um aumento da epidemia e menor eficácia do controle. A melhor resposta de controle foi com o espaçamento de 60 cm entrelinhas, onde teve menor acumulo de doença e maior produtividade.

Meneghetti et al (2010 p.56) em seu trabalho objetivaram identificar a real efetividade do fosfito na ativação de defesa na cultura da soja contra a *Phaopsora pachyrhizi*, bem como sua associação com fungicidas aplicados em diferentes épocas em relação a inoculação com o patógeno. Os resultados obtidos indicaram que o fosfito não foi capaz de induzir a expressão dos mecanismos de defesa, o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina proporcionar uma redução do patógeno, quando comparado ao emprego do triazol isolado. As aplicações mais próxima da inoculação ou preventiva foram mais efetivas do que as realizadas de forma muito precoce ou muita tardia em relação à infecção das plantas pelo patógeno.

Roese et al (2012, p.45) tiveram por objetivo observar a severidade da ferrugem asiática em diferentes espaçamentos das entrelinhas e na produtividade da cultura da soja. Foram avaliados quatro espaçamentos entrelinhas 35, 45, 55 e 65 cm, com e sem aplicação de fungicida na parte aérea das plantas. Confirmou-se a eficiência do fungicida no controle da doença e observou-se que o espaçamento das entrelinhas não foi significativo, quando a doença iniciou antes do florescimento, quando a doença iniciou no florescimento pleno a severidade final foi menor e o espaçamento entrelinhas influenciou na produtividade das parcelas sem fungicida e a severidade da doença.

Garcés-fiallos et al (2013), ao pesquisar sobre controle comparativo da ferrugem asiática da soja com fungicida triazol ou mistura de triazol mais estribilurina. Comparou aplicações de trizol, da mistura trizol e estrobilurina e testemunha no controle de ferrugem asiática, em diferentes estágios da cultura da soja e com diferentes repetições, onde foi avaliado severidade da doença. As aplicações com a mistura triazol e estribulina se mostraram mais eficientes com relação a trizol e testemunha, observou-se também que aplicações antecipadas a partir do estágio v 9 e com repetições foram as que sobressaíram em relação as demais. Por outro lado, para Reynaldo et al (2015) quando pesquisou sobre avaliação de horários alternativos para aplicação de fungicida para o controle da ferrugem asiatica da soja, onde foram realizadas diferentes vazões em diferentes horários de aplicação mantendo as condições climáticas ideias, avaliando produtividade ao final do experimento, conforme esperado houve diferença climáticas entre os períodos de aplicação, mas respeitaram-se as condições mínimas para aplicação de defensivos. A presença de orvalho talvez tenha contribuído para aumentar a eficiência as aplicações noturnas. Único volume que diferiu estatisticamente foi a de volume 90 l/há (menor produtividade) a melhor foi observada a 190 l/ha, outra avaliação foi em relação ao horário de aplicação nas

noturnas podendo ser usado menor volume de agua variando de 115 a 190 l/ha, melhorando assim a eficiência operacional.

Para Fantin et al (2015) ao pesquisar o intervalo de aplicações para controle de ferrugem asiática da soja e efeito de fungicidas multissítios. Foi de avaliar o melhor interval entre aplicações do fungicida Priori Xtra, somado ou não ao fungicida (Mancozebe,750g/l) para o controle de ferrugem asiática da soja. Para isso, foram realizadas aplicações iniciandoas em diferentes estádios de desenvolvimento, combinadas a intervalos de aplicação, variando entre 14 dias e 21 dias. Observou-se que aplicações com intervalos reduzidos se tem uma melhor eficiência no tratamento da ferrugem asiática. Somado a adição de mancozeb ao priori xtra o aumento do intervalo não diferiu muito com relação a severidade e incremento em produtividade. Antes da adoção dos fungicidas multissítios os tratamentos com menor intervalo entre as aplicações apresentaram melhores resultados de produtividade. No ensaio com multissítios na safra 2014/2015 sob condição de início tardio da epidemia, as aplicações em fases finais do ciclo da cultura promoveram melhor controle da doença e incrementaram a produtividade.

Segundo Barbosa1 et al (2014) ao pesquisar sobre o potencial do manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e components da produção, cultivar mg/br-46 (conquista). Foram avaliadas 3 populações de plantas da cultivar proposta, 2 épocas de semeadura, 2 formulações de fungicidas, 2 variações de doses, foi quantificado desfolha, arquitetura de planta, produtividade e severidade da doença. O fungicida azoxystrobina + ciproconazol, nas doses de 100% e 50% da dose recomendada, proporciona melhor controle da ferrugem asiática da soja, com reflexos positivos na produtividade de grãos. A população de plantas de soja, cultivar MG/BR-46 (Conquista), pode ser reduzida até 160 mil plantas ha-1 sem prejuízos do controle da doença e da produtividade de grãos, além de proporcionar aumento do número de nós e de ramos na haste na principal, número de nós no maior ramo, e comprimento do maior ramo, caracteres que estão relacionados ao desenvolvimento vegetativo das plantas. Apesar da semeadura mais precoce, no geral, proporcionar aumento dos caracteres relacionados ao desenvolvimento das plantas, na semeadura mais tardia houve melhor controle da doença.

Maurício Meyer (2013) ao pesquisar sobre resultados da rede de ensaios de controle biológico de mofo branco em soja utilizou como métodos controle biológicos conduzidos oito locais nas safras 2011/12 e 2012/13, onde foram avaliadas formulações de *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, uma formulação de Bacilluspumiluse um extrato

vegetal a base de lignosulfonato, em duas pulverizações nos estádios V2 e V4, respectivamente teve como considerações finais que uma utilização de sementes de boa qualidade e tratadas com fungicidas adequados e uma formação de palhada para cobertura uniforme do solo resulta no melhor manejo para a doença.

Saulo Cardoso et al (2015,p51) ao pesquisar sobre eficiência de fungicidas no controle do mofo branco na cultura da soja, teve como métodos um solo de área experimental classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico de textura média e concluiu o controle químico é mais eficaz, diante da rápida evolução da doença sendo assim reduz significativamente a severidade da mesma.

Marcelo Pierre (2015) quando pesquisou sobre Influência de épocas de semeadura e cultivares na incidência do mofo branco na cultura da soja utilizou como métodos coletas de solo em 4 pontos de uma mesma área para se determinar o número de escleródios, teve como considerações finais que a cultivar NS 4823 RR, variedade usada no teste, apresentou as menor incidências mesmo em condições favoráveis, possivelmente em vista do seu menor ciclo e seu menor engalhamento, desfavorecendo a formação do microclima favorável ao desenvolvimento da doença.

Leandro Feller (2014) ao pesquisar sobre manejo da palhada de cereais de inverno no controle do Mofo Branco da Soja teve como métodos avaliar os cereais de inverno, aveia, centeio e triticale, que após a sua dessecação, apresentasse maior capacidade de formação de palhada, formando assim uma barreira física para a passagem de luz até os escleródios e evitando a disseminação do ascósporos de Sclerotinia sclerotiorum e utilizou como constou como considerações finais que a menos incidência da doença na soja foi a palhada de centeio, com relação a testemunha, em Palmas e Guarapuava respectivamente. Na avaliação em vitro, observou-se germinação carpogênica somente no tratamento com cobertura de 4 mm de solo.

Strass (2016), em sua pesquisa, utilizou como método o plantio direto em blocos de 5 metros de comprimento e 45 centímetros de largura, com a cultivar BMX Potência RR e foram realizadas 3 aplicações de fungicidas. Obteve como resultado que as condições climáticas, com chuvas bem distribuídas, favoreceram a evolução da ferrugem e as menores severidades foram obtidas com os tratamentos de azoxistrobina, epoxiconazol, bixafen, prothioconazol, piraclostrobina.

Silva et al. (2018), realizou sua pesquisa por meio do plantio da cultivar 8372 Monsoy, em blocos casualizados com espaçamento de 45 centímetros, 6 metros de comprimento e a aplicação de 4 fungicidas. Notou-se que em baixa alastração da doença todos os tratamentos com fungicidas a base de estrobilurinas apresentaram boa eficiência, diante da severidade em alta pressão da doença a melhor opção foi a adição de clorotalonil às misturas comerciais de azoxistrobina mais ciproconazol e trifloxistrobina mais ciproconazol.

Minanti et al. (2016), conduziu seu experimento em blocos casualizados, com a cultivar Syngenta 1163 RR, onde foi aplicado 5 tipos de tratamento e 4 repetições cada de modo sorteado, e utilizou o coletor de esporos, para monitorar a primeira chegada dos esporos. Logo certificou-se da importância da utilização do coletor de esporos como indicativo na definição da primeira aplicação de fungicida para controle do fungo causador da Ferrugem Asiática (*Phakopsora Pachyrhizi*), uma vez que a doença precisa de condições favoráveis de temperatura entre 15ºC e 30ºC e molhamento continuo por um período de 10 horas.

Para Henneberg (2012) ao pesquisar sobre a eficiência dos métodos para detectação de sclerotinia sclerotiorum em sementes de soja viu que os métodos de papel de filtro e rolo de papel não foram eficazes para realizar a detectação do Sclerotinia sclerotiorum nas sementes de soja, donde 5 amostras de 400 sementes tiveram o percentual de 0% , 0.25% (1/400), 0.50% (2/400) , 0.75%(3/400) e 1% (4/400).

De acordo com Oliveira (2011) que testou 3 tratamentos, (testemunha),(flauzinan) e (tiofanato metílico), os testes concluíram que o tratamento 2 (flauzinam) foi o que obteve melhor desempenho no controle da doença e um maior ganho médio de produtividade.

Nos dizeres de Guareschi (2013 p.4) foi feito um experimento inoculado "Trichoderma spp." Nas sementes de soja e girassol, foram aplicados 200ml para cada 50 kg de semente , obtendo um resultado satisfatório na área de aplicação ,onde foi notado maior crescimento da parte aérea e das raízes das plantas de soja e girassol.

Segundo Ximenes (2013 p.26-28), um bom manejo aliado ao uso controlado de produtos químicos e biológicos adequados, foi conseguido obter um resultado satisfatório no controle da doença, com isso aumentado a produtividade das lavouras de soja.

Shiomi, H. F. et al (2017), o ensaio foi em lavoura comercial de soja com histórico de elevada incidência de mofo-branco. A cultivar utilizada foi a BMX Ativa RR, com espaçamento entre fileiras de plantas foi de 0,45 e a população de cerca de 344 mil plantas por hectare, foram utilizados quatro aplicações de tiofanato e duas aplicações dos demais fungicidas avaliados. A doença predominante no ensaio foi o mofo-branco, sendo observada incidência de 46,5 % no tratamento. O tratamento fungicidas utilizados no ensaio são efetivos no controle de mofo-branco e na redução de perdas de produtividade, a maioria também proporciona significativa redução na produção de escleródios de esclerotiorum, contribuindo para o manejo da doença em função da redução de inoculo.

Martins, M. C. et al (2016), o ensaio foi conduzido com o delineamento experimental de blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições, com exceção do tiofanato metílico que foi aplicado quatro vezes. Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de sete metros de comprimento, espaçadas em 0,50 m, considerando-se como área útil as quatro linhas centrais de seis metros de comprimento, no ensaio com o cultivar M 8349 IPRO. A massa de 1000 sementes variou de 107 g no tratamento T7 (picoxistrobina) a 117 g no tratamento T9 (procimidona), não ocorrendo diferenças estatísticas entre os tratamentos. Em relação à produtividade de grãos, essa também foi semelhante em todos os tratamentos, variando de 2.376 kg ha-1 (39,6 sacos ha-1) na Testemunha (T1) a 2.702 kg ha-1 (45 sacos $ha^{-1}$) no tratamento com picoxistrobina, houve também diferenças na massa de escleródios formados em cada tratamento.Com a utilização dos fungicidas fluopyram, dimoxystrobin + boscalid ou picoxistrobina houve menor incidência e severidade do mofo branco e menor formação de escleródios, porém, sem diferenças na massa de 1000 sementes e produtividade.

## 4. CONCLUSÕES

Com a revisão bibliográfica, conclui-se que o controle fitossanitário da soja é essencial e de suma importância para obter-se uma lavoura, de boa sanidade, qualidade e produtividade.

## 5. REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. F.; CENTURION, M. A. P. da C.; FERRAUDO, A. S. Potencial manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e componentes da produção, cultivar MG/BR-46 (conquista). Bioscience Journal, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 76-89, junho, 2014.

CARDOSO S.S., Eficiência de fungicidas no controle do mofo branco na cultura da soja (2015, P51) Disponível em:http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/8869

DAL POGETTO M.H.F.A. Controle da ferrugem asiática e produtividade da soja após pulverizações de piraclostrobina + epoxiconazole em diferentes estádios fenológicos da cultura. Botucatu SP (2012, pg 1706). Disponível em: file:///C:/Users/fabiano/Downloads/Controle_da_ferrugem_asiatica_e_produtividade_da_s.pdf

FANTIN, L. H.; ANDRADE, J.V.; CANTERI, M. G.; BORGES, E.P.; DIAS, A.R. Intervalo de aplicações para o controle de ferrugem asiática da soja e efeito de fungicidas multissítios. Revista Cultivar, Passo Fundo, p. 18-20, dez.2015/jan.2016.

GARCÉS-FIALLOS, F. R.; FORCELINI, C. A. Controle comparativo da ferrugem asiática da soja com fungicida triazol ou mistura de triazol + estrobilurina. Bioscience Journal, FELLER L.A. Manejo da palhada de cereais de inverno no controle do mofo branco da soja,(2014) Diesponível em :http://www.unicentroagronomia.com/imagens/noticias/dissertacao_leandro_feller_apos_banc a.pdf

MADALOSSO M. G. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de Phakopsora pachyrhizi Sidow em soja. Santa Maria RS (2010 , pg.87) Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/cr/2010nahead/a762cr3415.pdf

PIERRE M.L.C. Influência de épocas de semeadura e cultivares na incidência do mofo branco na cultura da soja, (2015) Disponível em :http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2283 MEYER M.C.
Resultados da rede de ensaios de controle biológico do nomo branco em soja. (2014) Disponível em:https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90421/1/Resultados-darede-de-ensaios-de-controle-biologico-de-mofo-branco-em-soja.pdf

MENEGHETTI R.C. Avaliação da ativação de defesa em soja contra Phakopsora pachyrhizi em condições controladas. Santa Maria RS (2010, pg. 56) Disponível em :http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a05

REYNALDO, É. F.; MACHADO, T. M.; TAUBINGER, L.; QUADROS, D. Avaliação de horários alternativos para aplicação de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 427, dezembro, 2015.

ROESE A. D. Espaçamento entre linhas e severidade da ferrugem-asiática da soja. Dourados MS (2012, pg. 45) Disponível em: file:///C:/Users/fabiano/Downloads/Row_spacing_and_Asian_soybean_rust_severity%20(1).p df

**6. RESPONSABILIDADE**

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COBERTURA VEGETAL E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS E FRAGMENTOS FLORESTAIS NATIVOS E IMPLANTADOS

**Ana Luisa Gayger**
**Cristhian dos Santos Teixeira**
Laboratório de Ecologia e Sistemática Vegetal, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Erechim, Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim/RS
anna.luisa1995@hotmail.com
cristhian.teixeira@gmail.com
**Vanderlei Secretti Decian**
Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Erechim, Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim/RS
vdecian@uricer.edu.br
**Tanise Luisa Sausen**
Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Erechim, Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim/RS
tasausen@uricer.edu.br

**Resumo:** *O Brasil é um dos principais países produtores de grãos e na produção de alimentos. Todavia, a expansão da fronteira agrícola para o aumento da produtividade não pode ser alcançada pela substituição de áreas de vegetação nativa. O objetivo deste trabalho é relacionar indicadores de geoprocessamento com o estoque de serapilheira em diferentes coberturas da terra. O estudo foi conduzido em cinco áreas de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Uruguai, Sul do Brasil. os usos e coberturas da terra avaliados foram: vegetação arbórea nativa, silvicultura e agricultura. Para cada área de estudo e usos e cobertura da terra foram calculados os Índices de Cobertura Vegetal (NDVI) e o fluxo de* $CO_2$ *e o estoque de serapilheira acumulada no solo. O NDVI foi diferente entre os usos e cobertura da terra, enquanto para o fluxo de* $CO_2$ *não houve diferença. Observou-se correlações positivas entre o NDVI e o estoque de serapilheira. As práticas de manejo utilizadas nas áreas de silvicultura e plantios agrícolas influenciam a produtividade primária líquida estimada pela deposição de serapilheira. As metodologias de sensoriamento remoto, sobretudo o NDVI, podem ser consideradas uma importante alternativa para avaliação da potencialidade da vegetação na produção de biomassa.*
**Palavras-chave:** NDVI, Agricultura, Ecologia de Paisagem, Serapilheira

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores de grãos e tem um papel central, a nível mundial, na produção de alimentos (Martinelli *et al*., 2010). Todavia, existe um consenso que o aumento da fronteira agrícola para o aumento da produtividade, não pode ser alcançado pela substituição da vegetação nativa (Tilmann *et al*., 2011). No cenário nacional, a região Sul do Brasil é uma das principais produtoras de grãos, e na região Norte do estado do Rio Grande do Sul, a dinâmica de modificação da paisagem está diretamente associada com o processo de ocupação agrícola (Decian *et al*., 2009).

Nas últimas duas décadas, a modificação da paisagem na região do Alto Uruguai Gaúcho (região norte do estado) foi associada com a redução de áreas ocupadas pelos usos agrícolas e por um aumento nas áreas de vegetação arbórea (Rovani, 2015). O uso e a cobertura da terra apresentam uma relação direta com a declividade da região (Prandel, 2018). Em áreas com maior declividade ocorre um aumento do predomínio de vegetação arbórea, favorecendo a ocorrência de fragmentos florestais de tamanho maior. O aumento na porcentagem de vegetação arbórea em áreas declivosas explica-se pela dificuldade de mecanização agrícola das mesmas, o que pode levar ao abandono do uso agrícola, ou implantação de culturas como Pinus e Eucalipto (Scrovonski, 2016).

As modificações no uso e cobertura na terra estão diretamente associadas com o aumento da emissão de $CO_2$ e da temperatura média global, sendo as principais responsáveis pelas mudanças no clima (Mitchell *et al*., 1995; Lal, 2003; IPCC, 2007). Ecossistemas florestais são alvos promissores para a estocagem de carbono a longo prazo (Schimel,

1995), uma vez que o $CO_2$ é fixado na biomassa e no solo (Sausen *et al*., 2014; Oliveira *et al*., 2016; Oliveira *et al*., 2017). Este armazenamento é associado com uma maior acumulação de carbono orgânico o solo a partir da vegetação via contínua decomposição de carbono orgânico (Soussana *et al*., 2004). Alguns estudos observaram ainda que a diversidade e a composição da comunidade vegetal afetam estabilidade dos ecossistemas, o que, por sua vez, pode determinar a maior capacidade de sequestro de carbono no solo (Catovsky *et al*., 2002; Capellesso *et al*., 2016). O aumento na capacidade de acúmulo de carbono no solo tem sido observado em áreas que anteriormente eram utilizadas para cultivo agrícola e foram convertidas para pastagens ou florestas (Post and Kwon, 2000; Guo and Gifford, 2002).

A capacidade de acúmulo de C no solo é associada às práticas de manejo (Langaniere *et al*., 2010), com o acúmulo de altas quantidades de biomassa no solo, causando mínima perturbação e conservando a estrutura do solo (Lal, 2004). No âmbito das mudanças climáticas globais, os solos agrícolas são considerados como um importante dreno ou fonte de gases de efeito estufa (GEE), dependendo do uso e sistema de manejo (IPCC, 2007). Em escala global estima-se que o setor agrícola tem potencial de compensar aproximadamente 10% das emissões atuais de GEE, enquanto no Brasil este potencial pode alcançar 20 a 30% das emissões de GEE do país (Bayer, 2007). Nesse sentido, a utilização de técnica de georreferenciamento e sensoriamento remoto com o objetivo de fornecer informações sobre o índice de vegetação e fluxo de $CO_2$ podem fornecer importantes informações sobre a produtividade e capacidade de estoque de carbono em diferentes usos e coberturas da terra. O objetivo deste trabalho é relacionar indicadores de geoprocessamento (NDVI e fluxo de CO2) com parâmetros biofísicos, como biomassa vegetal, em diferentes coberturas da terra.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo e delineamento experimental

O estudo foi conduzido em 5 áreas de zonas ripárias pertencentes a 177 áreas de drenagem de riachos de terceira ordem da bacia hidrográfica do Rio Uruguai, na região do Alto Uruguai Gaúcho, Sul do Brasil. Para quantificação dos usos e cobertura da terra foi utilizado o software MapInfo 8.5 e Idrisi 32. As imagens de satélite com resolução espacial de 30 metros foram georeferenciadas no software IDRISI Selva, com a projeção UTM, datum WGS 84, fuso 22. Após o georeferenciamento das imagens, foi efetuada a atenuação dos efeitos atmosféricos, subtraindo-se o pixel escuro com uso de atenuadores presentes no aplicativo Idrisi Selva. Nesta primeira etapa foram selecionadas cinco áreas de drenagem com os usos e coberturas da terra: vegetação nativa (VN), agricultura (AGR) e silvicultura (SIL) na zona ripária. Em cada uso e cobertura da terra foram demarcadas 10 parcelas, de 5 x 5m, equidistantes 5 m e estabelecidas a uma distância de até 30 metros da margem dos riachos.

### 2.2 Coleta de dados

Para determinação do NDVI e do fluxo de $CO_2$, as parcelas foram agrupadas em três parcelas de 30 x 5 m, a fim de manter a capacidade de resolução espacial do sensor de 30 m. Foram realizadas três avaliações de NDVI e do fluxo de $CO_2$ para cada uso e cobertura da terra nas 5 áreas de drenagem selecionadas, totalizando 15 repetições por uso e cobertura da terra. Através do software IDRISI Selva foram gerados, (i) Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI (Rouse *et al*., 1973); (ii) Índice de Reflectância Fotoquímica – PRI (Gamon, *et al*., 1979) e (iii) Índice de Reflectância Fotoquímica Reescalonado - sPRI (Rahman *et al*., 2000). A partir destes índices o índice de fluxo de $CO_2$, foi determinado a partir da equação:

*Fluxo de CO2 = NDVI * sPRI*

A serapilheira acumulada sob o solo foi coletada com gabaritos de madeira com tamanho de 0.5m x 0.5m (0.25 m²) em cinco pontos (nos quatros vértices e no centro), sendo retiradas e guardadas em sacos plásticos e identificadas. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Ecologia e Sistemática Vegetal para secagem em estufa a 60 °C, sendo pesadas em balanças de precisão (0,001g), com os valores da massa seca da serapilheira expressos em ton $ha^{-1}$.

### 2.3 Análise de Dados

Para avaliar a influência dos diferentes usos e cobertura da terra no NDVI e fluxo de $CO_2$ foram realizadas ANOVA one-way, seguida de teste de Tukey a posteriori ($p < 0,05$). Para verificar a relação entre o NDVI e o fluxo de $CO_2$ com o estoque de serapilheira no solo foram efetuadas correlações de Pearson ($p < 0.05$). Todas as análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2013).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O NDVI foi mais elevado em áreas de silvicultura, seguido de fragmentos de vegetação nativa, enquanto o menor valor foi observado para o sistema de agricultura Tab. 1. O fluxo de $CO_2$ não difere entre os usos e cobertura da terra avaliados Tab. 1.

Tabela 1. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Fluxo de $CO_2$ nos diferentes usos e coberturas do solo. Valores são médias seguidos de desvio padrão (n = 15).

| USOS | NDVI | FLUXO $CO_2$ |
|---|---|---|
| Agricultura | 0,45 ± 0,03 | 0,39 ± 0,007 |
| Vegetação Nativa | 0,53 ± 0,02 | 0,41 ± 0,025 |
| Silvicultura | 0,58 ± 0,07 | 0,42 ± 0,029 |
| p | <0,001 | 0,243 |

Correlações significativas foram observadas entre NDVI e a produção de serapilheira (p <0,001) nos usos e cobertura da terra avaliados (Nativa, silvicultura, agricultura) Fig. 1. Os valores mais elevados de NDVI (faixa 0,6) foram associados com os valores mais elevados de produção de serapilheira nos usos e coberturas do solo ocupado por vegetação arbórea (nativa e silvicultura).

Os resultados deste estudo destacam que os diferentes usos e cobertura da terra possuem diferentes intervalos de NDVI. Agricultura apresenta uma quantidade menor de cobertura verde, portanto um menor índice de NDVI, enquanto as áreas de vegetação arbórea nativa e implantada possuem maior quantidade de vegetação e um maior índice de NDVI. As áreas de silvicultura apesar do pequeno tamanho apresentaram maior índice de NDVI em relação às áreas de vegetação nativa e essas diferenças podem ser associadas com a fenologia da vegetação e o tipo de cobertura florestal.

Áreas agrícolas apresentam uma baixa produção de serapilheira, comparada com áreas de vegetação arbórea. Além disso, ao comparar os fragmentos de vegetação arbórea nativa e implantada observa-se que a diversidade de espécies pode contribuir na formação de diferentes frações de serapilheira (Bertan *et al*., 2015). A serapilheira pode se tornar um importante indicador de integridade ambiental, pois a estacionalidade de produção de serapilheira interfere diretamente nas taxas de ganho e perda, quantidade e tempo de estocagem do carbono no solo (Bertan *et al*., 2015; Capellesso *et al*., 2016). Sistemas florestais nativos ou mistos ou com maior diversidade de espécies podem ser indicados como os mais eficientes no sequestro de carbono acima e abaixo do solo.

O sensoriamento remoto mostrou-se uma ferramenta eficaz para avaliar a produtividade por meio dos índices NDVI, possibilitando diferenciar áreas de cultivo agrícola com áreas de vegetação arbórea e fornecendo uma estimativa da capacidade de estoque de carbono no solo. Por outro lado, o fluxo de $CO_2$ não se configura como uma ferramenta indicada na determinação da potencialidade de diferentes usos e coberturas da terra, tendo em vista que não foram observadas diferenças entre as áreas de estudo.

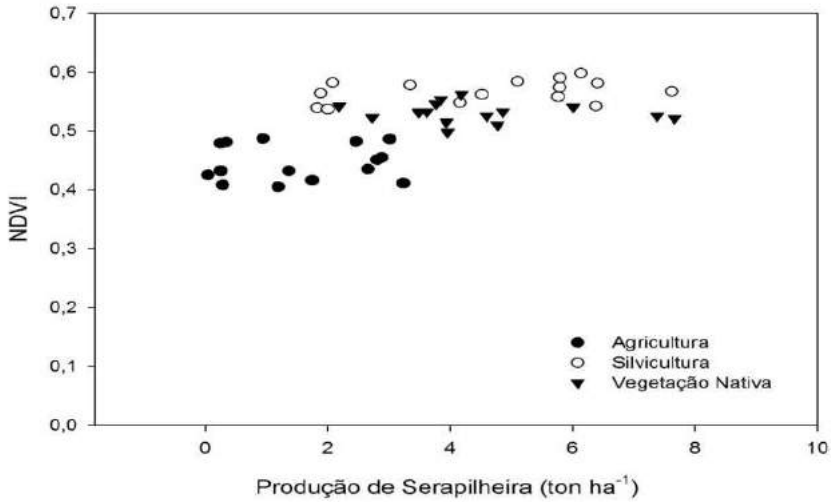



Figura 1: Correlação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada **(**NDVI) e estoque de serapilheira acumulada no solo nos diferentes usos e coberturas da terra.

## 4. CONCLUSÃO

A modificação na cobertura da terra foi associada com diferenças no NDVI. As práticas de manejo utilizadas nas áreas de silvicultura e plantios agrícolas influenciam a produtividade primária líquida estimada pela deposição de

serapilheira. As utilizações de metodologias de sensoriamento remoto fornecem informações importantes associadas com a potencialidade da vegetação na produção de biomassa.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da URI - Erechim pelo apoio financeiro e estrutura física para a realização do trabalho e a todos os proprietários das áreas de estudo que permitiram a realização da coleta de dados.

## 6. REFERÊNCIAS

BAYER, C., 2007. Desafios no manejo da matéria orgânica e seqüestro de C no solo na agricultura conservacionista (Palestra). In: Congresso brasileiro de ciência do solo, 31, Gramado.

BERTAN, C.R. A., 2015. Produtividade primária como um indicador de qualidade ambiental em sistemas florestais. Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas, p. 234

CATOVSKY, S., 2002 Biodiversity and ecosystem productivity: implications for carbon storage. Oikos, Vol. 97, n.3, p.443-448.

DECIAN, V. et al., 2009. Uso da terra na região Alto Uruguai do Rio Grande do Sul e obtenção de banco de dados relacional de fragmentos de vegetação arbórea. Perspectiva, v. 33, n. 121.

GAMON, J.A., 1979. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. Oecologia, v.112, p.492-501.

IPCC, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/New York, NY, USA.

LAGANIERE, J., 2010 Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a metaanalysis. Global Change Biology, v.16, p.439-453.

LAL, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, v.304, p.1623–1627.

MARTINELLI, Luiz A. et al., 2010. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 2, n. 5-6, p. 431-438.

MITCHELL, J. F., 1995. Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulfate aerosols.Nature, v.376, p.501-504.

POST, Wilfred M.; KWON, Kyung C., 2000. Soil carbon sequestration and land□use change: processes and potential. Global change biology, Vol. 6, n. 3, p. 317-327.

PRANDEL, J. A. Estudo da dinâmica da fragmentação florestal como subsídio para a conservação da biodiversidade no norte do rio grande do sul.

RAHMAN, A. F., 2000. Modeling CO2 flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. AVIRIS Workshop. JPL/NASA. Pasadena, Califórnia.

ROUSE, J. W., 1973 Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, p.309- 317.

ROVANI, I.L., 2015. Análise do Uso da Terra e Fluxo de CO2 na Região Norte do Rio Grande do Sul. Universidade Regional Integrada Do Alto Uruguai E Das Missões Uri - Campus De Erechim – PPGE. Dissertação de pós-graduação. Erechim,RS, p. 56.

SAUSEN, T. L., 2014. Clay content drives carbon stocks in soils under a plantation of Eucalyptus salignaLabill. in southern Brazil. Acta Botanica Brasílica, Vol.28, p.266 - 273.

SCHIMEL, D. S., 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. Global change biology, Vol.1, p.77-91.

SCROVONSKI, K. L., 2016. Relação entre cobertura florestal, NDVI e Estoque de Carbono no solo. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim.

SOUSSANA, J. F. et al., 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. Soil use and management, Vol. 20, n. 2, p. 219-230.

TILMAN, David et al., 2004. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 108, n. 50, p. 20260-20264.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores Ana Luísa Gayger, Cristhian dos Santos Teixeira, Vanderlei Decian e Tanise Luisa Sausen são responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# TRATAMENTO QUÍMICO E BIOLÓGICO EM SEMENTES DE FEIJÃO INOCULADAS COM *Sclerotinia sclerotiorum*

**Brenda Tortelli**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
bre.tortelli@hotmail.com

**Márcio Paulo Mezomo**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
marciopaulo.mezomo@gmail.com

**Rodrigo José Tonin**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
tonin_rodrigo@hotmail.com

**Paola Mendes Milanesi**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
paola.milanesi@uffs.edu.br

***Abstract.*** *O feijão tem grande importância econômica e social no Brasil, no entanto, doenças como o mofo branco, diminuem a produção desse grão. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito do tratamento químico e biológico sobre a germinação e o vigor de sementes de feijão (cultivar 'IPR Tuiuiú') inoculadas com Sclerotinia sclerotiorum por meio de restrição hídrica. O patógeno foi cultivado em meio batata-dextrose-ágar (BDA) com adição do restritor hídrico manitol (potencial de -0,6 MPa). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. As sementes inoculadas com o patógeno foram submetidas aos seguintes tratamentos: T1) fungicida tiofanato-metílico + fluazinam (350 g/L +52,50 g/L); T2) Trichoderma asperellum (30 g/L); T3) Testemunha positiva (sementes expostas ao patógeno, mas não tratadas); e T4) Testemunha negativa (sementes expostas somente ao meio de cultura BDA acrescido do restritor hídrico manitol, no potencial hídrico de -0,6 MPa). Após, realizou-se os testes de germinação e comprimento de plântulas. Com a análise dos dados (teste de Tukey, $p \leq 0,05$), pode-se constatar que o fungicida (T1) proporcionou maior percentual de sementes germinadas, mesmo quando estas foram inoculadas com Sclerotinia sclerotiorum. O Trichoderma asperellum (T2) proporcionou melhoria na germinação e vigor das sementes, mas foi inferior ao fungicida.*
***Keywords:*** *Phaseolus vulgaris L.; mofo branco; microbiolização; restrição hídrica.*

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa de grande impotância econômica e social no Brasil pois faz parte das refeições dirárias dos brasileiros. Além disso, é fonte de renda para muitos agricultores familiares, que dependem da produção de feijão (Binotti *et al*., 2009).

Em 2018, a primeira safra de feijão alcançou uma produção de 1,27 milhões de toneladas e, para a segunda safra, as estimativas dão conta de que a produção atingirá 1,29 milhões de toneladas (Conab, 2018). No entanto, vários fatores podem afetar a capacidade produtiva do feijoeiro, entre eles a ocorrência de doenças, tais como o mofo branco, cujo agente etiológico é o fungo *Sclerotinia sclerotiorum.* O mofo branco é considerada uma das principais e mais destrutivas doenças do feijoeiro (Cadore e Tornem, 2015), podendo causar perdas de 100% em lavouras com alta severidade da doença. O patógeno pode ser disseminado por sementes infectadas, além de sobreviver por um longo período (Subbarao e Wu, 2008) por meio de escleródios, que são estruturas de sobrevivência. Nisso, o tratamento de sementes é uma importante medida de manejo para o mofo branco.

De modo geral, os fungicidas adequados ao tratamento de sementes, podem controlar de maneira eficiente muitos patógenos que estão presentes, tanto na semente quanto no solo (Machado, 2000), proporcionando um adequado estande inicial, mesmo com a semeadura coincidindo com períodos de estiagem (Rezende *et al*., 2003). Nesse viés, o uso de agentes de controle biológico no tratamento de sementes (microbiolização), tem sido bastante estudado e fungos do gênero *Trichoderma* spp. são empregados nessa prática, pois, além de proteger as plantas por meio de mecanismos

como parasitismo, antibiose, competição por nutrientes e substrato, podem ainda induzir resistência sistêmica (Woo *et al*., 2006).

Para viabilizar a inoculação das sementes com um patógeno e o posterior tratamento (químico e biológico), existem métodos que garantam a reprodução e a expressão dos sintomas e sinais típicos de uma determinada fitopatologia associada a sementes. Para isso, é imprescindível que tais métodos garantam a infecção das sementes, mas sem comprometer o potencial germinativo e a emergência de plântulas, permitindo avaliações futuras (Sousa *et al*., 2008).

Os métodos para inoculação de sementes mais utilizados, envolvem: imersão das sementes em suspensão de esporos (Pedroso *et al*., 2010); contato direto entre as sementes e a cultura fúngica desenvolvida em meio BDA (Migliorini *et al*. 2018); e condicionamento osmótico (Venturoso *et al*., 2015). Além disso, outra possibilidade é a contaminação do solo/substrato, nos quais serão depositadas as sementes, com discos de BDA contendo estruturas do patógeno ou com grãos de cereais por ele colonizados (Falcão *et al*., 2005; Klingelfuss *et al*., 2007).

Pelo exposto, objetivou-se determinar os efeitos do tratamento químico e biológico sobre a germinação e o vigor de sementes de feijão (cultivar 'IPR Tuiuiú') inoculadas com *Sclerotinia sclerotiorum* por meio da técnica de restrição hídrica.

## 2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim/RS. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar 'IPR Tuiuiú', safra 2017. Inicialmente, foi realizada a caracterização da qualidade das sementes, sendo: *i*) umidade: 18%, ou seja, acima do valor recomendado de 13% (Zucareli *et al.*, 2015); *ii*) condutividade elétrica: 56,85 µS $cm^{-1}$ $g^{-1}$, considerado de alto vigor (Smaniott *et al*., 2013); *iii*) germinação: 94%, acima do padrão mínimo exigido pelo Ministério da Agricultura para comercialização, que é de 80% (MAPA, 2013); e *iv*) sanidade: foram encontrados apenas fungos de armazenamento, sendo: *Rhizopus* spp. (21%), *Aspergillus* spp. (7%) e *Penicillium* spp. (4%).

Após esses testes iniciais, foram realizadas as seguintes etapas:

*Obtenção do inóculo de Sclerotinia sclerotiorum:* escleródios do patógeno foram obtidos a partir de plantas de soja com sintomas de mofo branco, em lavoura comercial localizada em Erechim (RS). Os esclaródios foram submetidos à assepsia com hipoclorito de sódio a 1% por 1 min e água destilada e esterilizada (três enxágues de 1 min cada). Em placas de Petri contendo o meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), os escleródios foram distribuídos e, na sequência, as placas foram incubadas a 25 ± 2 ºC e fotoperíodo de 12 horas (Pereira *et al*., 2009). Após 7 dias de incubação, procedeu-se o reconhecimento das estruturas do patógeno e realizou-se a repicagem das estruturas do fungo para novas placas contendo o meio de cultura BDA, a fim de obter cultura pura (Fig. 1A).

*Inoculação de sementes de feijão com Sclerotinia sclerotiorum*: utilizou-se a técnica de restrição hídrica (Coutinho *et al*., 2001). Para isso, as sementes foram submetidas à assepsia em fluxo laminar, com hipoclorito de sódio a 1% (por 1 min), seguido por três enxágues com água destilada e esterilizada (por 1 min cada). Em seguida, as sementes permaneceram sob temperatura ambiente por 24 horas, para completa secagem (Ordoñez, 2016) e, então, foram expostas ao patógeno em meio de cultura BDA acrescido do restritor hídrico manitol ($C_6H_{14}O_6$) em um potencial hídrico de -0,6 MPa (proporcionado pela adição de 44,26 g de manitol $L^{-1}$ BDA). O meio foi autoclavado (120 °C e 1 atm, por 20 min) e, após, foi vertido em placas de Petri estéreis (15 cm de diâmetro).

Quando o meio de cultura solidificou, cinco discos (5 mm) de meio BDA contendo micélio de *Sclerotinia sclerotiorum* foram transferidos para as placas com auxílio de alça de platina, no interior da câmara de fluxo laminar. As placas foram então acondicionadas em incubadora tipo BOD, a 25 ºC e fotoperíodo de 12 horas, durante 7 dias. Após esse período, as sementes de feijão foram distribuídas e levemente prensadas sobre o meio BDA + manitol, em camada única, permanecendo sobre o meio em contato direto com o patógeno por 48 horas, a 28 ºC e fotoperíodo de 12 horas (Cruciol e Costa, 2017) (Fig. 1B). As sementes foram então removidas e deixadas para secar em temperatura ambiente, devidamente cobertas com papel toalha estéril, por 24 horas (Ordoñez, 2016).

*Tratamento de sementes inoculadas com Sclerotinia sclerotiorum*: as sementes de feijão inoculadas (Fig. 1C) foram tratadas com: T1) fungicida tiofanato-metílico + fluazinam (350 g $L^{-1}$ +52,50 g $L^{-1}$), na dose de 180 mL/100 kg de sementes; T2) *Trichoderma asperellum* (30 g $L^{-1}$); T3) Testemunha positiva (sementes expostas ao patógeno, mas não tratadas); T4) Testemunha negativa (sementes expostas somente ao meio de cultura BDA acrescido do restritor hídrico manitol, no potencial hídrico de -0,6 MPa). Em seguida, as sementes permaneceram em temperatura ambiente, durante 24 horas, para completa secagem (Ordoñez, 2016) e, a fim de verificar a eficiência dos tratamentos sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão, após a inoculação com *Sclerotinia sclerotiorum*, foram realizados os seguintes testes:

*Teste de germinação*: foram utilizadas oito repetições com 25 sementes, conforme adaptação das Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009). As sementes foram colocadas em papel *germitest* umedecido com água destilada, em 2,5 a 3 vezes o seu peso seco. Após a semeadura, foram confeccionados rolos os quais foram dispostos em câmara de germinação a 25 ± 2 ºC, com fotoperíodo de 12 horas. As avaliações ocorreram por meio de contagens aos cinco e nove dias após semeadura (DAS). Na primeira contagem foram contabilizadas todas as sementes germinadas e que originaram plântulas normais. Na segunda contagem, as plântulas foram classificadas em normais e anormais e também foram contabilizadas as sementes não germinadas (duras e/ou mortas).

*Comprimento de plântula:* para cada tratamento, foram semeadas 80 sementes, com quatro repetições de 20 sementes cada, que foram dispostas em papel *germitest* de forma similar ao teste de germinação. Foram confeccionados rolos e estes dispostos em câmara de germinação a 25 ± 2 ºC, com fotoperíodo de 12 horas. Após quatro dias, aleatoriamente, tomou-se a medida de 10 plântulas por repetição com o auxílio de uma régua milimetrada o comprimento médio das plântulas consideradas normais, sendo os resultados expressos em centímetros (cm) (Amaro, *et al*. 2015).

*Análise estatística*: os dados obtidos foram tabulados e, posteriormente, submetidos à análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$) e, caso significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas por meio do *software* estatístico SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2011).

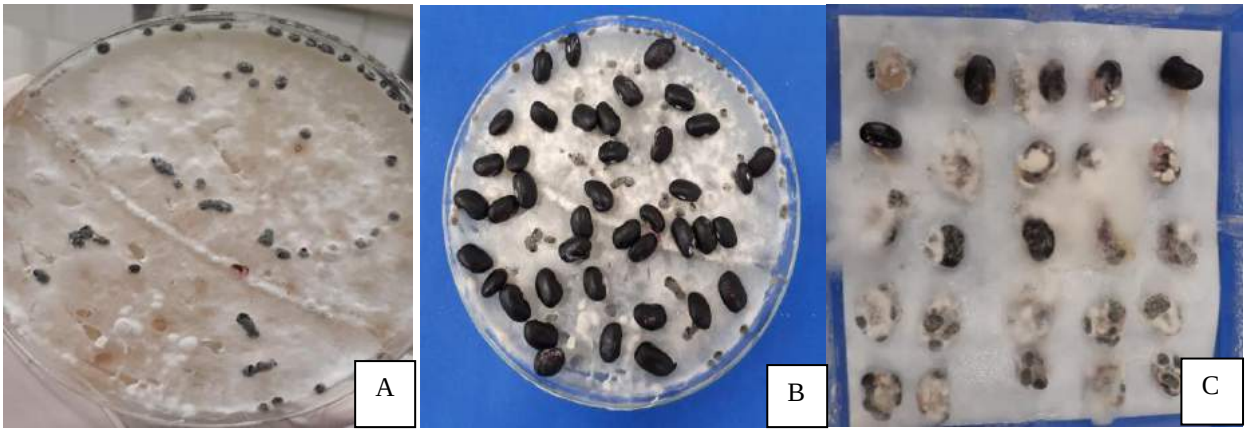



Figura 1. Etapas da inoculação de sementes de feijão, cultivar 'IPR-Tuiuiú', com *Sclerotinia sclerotiorum.* Obtenção do inóculo de *Sclerotinia sclerotiorum* em meio de cultura BDA (A). Inoculação das sementes de feijão por meio da técnica de restrição hídrica (-0,6 MPa), com manitol (B). Teste para verificar a infecção do patógeno nas sementes (C).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes inoculadas com *Sclerotinia sclerotiorum*, pelo método de restrição hídrica, apresentaram 87% de infeção pelo patógeno (Fig. 1C; dados não mostrados). Tais resultados demonstram a eficácia do método de inoculação por contato, utilizando a restrição hídrica e corroboram com Migliorini *et al*. (2016), os quais afirmaram que as sementes apresentam maior incidência de doença quando utilizado o método de contato direto com o patógeno. Similarmente, Venturoso *et al*. (2015) verificou que a emergência de plântulas de feijão, teve um decréscimo superior a 60%, quando as sementes foram inoculadas por meio de contato com o patógeno.

A inoculação com *Sclerotinia sclerotiorum* foi capaz de causar danos nas sementes de feijão (Tab. 1). Da mesma forma, Venturoso *et al*., (2015) observaram que esse patógeno causou a morte das sementes, antes mesmo delas iniciarem o processo germinativo, o que pode ter relação com a agressividade do patógeno, condições favoráveis ao seu estabelecimento e, também, por ele colonizar rapidamente os tecidos vegetais.

As sementes que não foram inoculadas (T4), apresentaram o melhor desempenho nas variáveis analisadas (Tab.1), demostrando a importância da obtenção de sementes de boa qualidade, para que se tenha um estabelecimento adequado da cultura da lavoura (Araujo *et al*. 2011), pois quanto maior o nível de inóculo inicial de um determinado patógeno, maior é o número de sementes mortas (Reis *et al*., 2014)

O tratamento químico (T1) com fungicida tiofanato-metílico + fluazinam, assegurou que mesmo em sementes inoculadas com o patógeno, a germinação e o percentual de plântulas normais, alcançassem resultados semelhantes aos das sementes que não foram inoculadas (Tab. 1), corroborando com Souza *et al*., (2008) que também verificaram eficiência no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, em sementes infectadas com o patógeno, com o mesmo fungicida.

Nesse trabalho verificou-se que o patógeno não foi erradicado, o que explicaria a diferença estatística observada em relação ao comprimento de plântulas, no qual o tratamento com fungicida não apresentou valores de comprimento similares aos das sementes que não foram inoculadas (Tab. 1). Ainda, em trabalhos conduzidos com sementes de soja infectadas artificialmente por *Sclerotinia sclerotiorum*, o inóculo foi reduzido com o uso de fungicida (Ribeiro, 2010).

O tratamento com *Trichoderma asperellum*, apesar de não ter obtido resultados expressivos quanto à germinação, plântulas normais e comprimento de plântulas (Tab. 1), diferiu da testemunha em todas as variáveis analisadas. Isso teria relação com o fato de que esse micro-organismo tem potencial para o controle de mofo-branco pela ação de metabólitos e também pelo parasitismo que exerce sobre as hifas do patógeno (Carvalho, 2013). A utilização de *Trichoderma* spp. para o controle de mofo branco em feijão, foi eficaz reduzindo em até 90% o crescimento fúngico (Carvalho *et al*., 2011), mas cabe ressaltar que o controle biológico com *Trichoderma* spp. não deve ser encarado como

uma medida erradicativa, mas como aquela capaz de levar o patossistema a um nível de equilíbrio, minimizando os danos provocados pelo patógeno.

Tabela 1. Germinação, plântulas normais, sementes mortas (%) e comprimento de plântulas ($cm^{-1}$) em feijão, cultivar 'IPR-Tuiuiú', cujas sementes foram inoculadas ou não com *Sclerotinia sclerotiorum*, por meio de restrição hídrica (manitol, -0,6 MPa) e tratadas com fungicida e *Trichoderma asperellum*.

| Tratamento de sementes | Germinação | Plântulas normais | Sementes Mortas | Comprimento de plântula |
|---|---|---|---|---|
| | ..... % ..... | | | $cm^{-1}$ |
| T1 – Fungicida | 83 a | 78 a | 2 a | 13,2 b |
| T2 - *Trichoderma asperellum* | 40 b | 33 b | 43 b | 4,6 c |
| T3 - Testemunha positiva | 16 c | 16 c | 64 c | 15,0 a |
| T4 – Testemunha negativa | 94 a | 89 a | 11 a | 2,7 d |
| Coeficiente de Variação (CV, %) | 9,3 | 12,2 | 16,0 | 6,0 |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). $^{ns}$ não significativo.

## 4. CONCLUSÃO

A técnica de restrição hídrica proporciona uma perfeita infecção de sementes de feijão, cultivar. 'IPR Tuiuiú', com o patógeno *Sclerotinia sclerotiorum.*

O tratamento químico com fungicida, assegura a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, o que reflete-se sobre a germinação e o vigor.

A microbiolização com *Trichoderma asperellum* proporciona melhoria na germinação e no vigor de sementes de feijão, mas ainda não é melhor do que o fungicida.

## 5. REFERÊNCIAS

AMARO, Hugo T.R. *et al*. "Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro." Revista de Ciências Agrárias. 2015, Vol.38, n.3, pp.383-389.

ARAUJO, R.F *et al*., "Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mundo-verde." Revista Brasileira de Sements, Vol.33. nº 1 p.123-130, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. "Manual de Análise Sanitária de Sementes." Brasília: MAPA, 2009a. p.200.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. "Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento." Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. p. 395

CADORE, P.C; TORMEN, R.N. "Como controlar mofo branco em feijão." Cultivar grandes culturas. n.190 P.38 – 40, 2015.

CARVALHO FILHO, M. R. "Relações filogenéticas, identificação e potencial de uso de isolados de *Trichoderma* no controle do mofo-branco em feijoeiro." p.98 Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasilia, 2013.

CARVALHO, D. D. C. *et al*. "Biocontrol of seed pathogens and growth promotion of common bean seedlings by *Trichodermaharzianum*." Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, Vol. 46, n. 8, p. 20-35, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. "Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos." Brasília, Vol.5, Safra 2017/2018, n.7, sétimo levantamento, abr. 2018.

COUTINHO, W.M *et al*. "Uso da restrição hídrica na inibição ou retardamento da germinação de sementes de arroz e feijão submetidas ao teste de sanidade em meio ágar-água." Revista Brasileira de Sementes, Lavras, Vol. 23, n. 2, p.127-135. 2001.

FALCÃO, J. V. *et al*. "Estabelecimento de metodologia para contaminação de solo com propágulos dos fungos *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii*, e expressão de doença em soja." Comunicado Técnico. Brasília, 2005.

FERREIRA, D. F. "Sisvar: a computer statistical analysis system." Ciência e Agrotecnologia (UFLA), Vol. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

KLINGELFUSS, L.H., YORINORI, J.T. e DESTRO, D. "Métodos de inoculação para quantificação de resistência em soja à *Fusarium solani* f. sp. *glycines*, em casa-de-vegetação." Fitopatologia Brasileira, Vol. 32, p. 050-055, 2007.

MACHADO, A.Q. *et al*., "Potencial do uso da restrição hídrica em testes de sanidade de sementes de algodoeiro." Fitopatologia Brasileira 32:408-414. 2007.

MACHADO, J.C. "Controle da germinação de sementes de soja em testes de sanidade pelo uso da restrição hídrica." Revista Brasileira de Sementes, Vol. 25, nº 2, p.77-81, 2003.

MACHADO, J.C. "Tratamento de sementes no controle de doenças." Lavras: UFLA/ FAEPE, 2000, p.138.

Migliorini, P. *et al*., "*Fusarium solani* and *F. oxysporum*: Etiological agents of damping off in crambe." Revista Brasileira de Ciências Agrárias (AGRÁRIA), Vol.13, n.1, e5510, 2018.

MIGLIORINI, P. *et al*. "Métodos de inoculação de *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes de feijão e danos em plântulas." Biotemas, Florianópolis, Vol. 30, n. 1, p. 37-43, fev, 2017.

ORDOÑEZ L., M.I. (2016). "Eficiência de óleos essenciais para o controle de *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *cepae* em sementes de cebola e seu efeito na qualidade fisiológica." Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016, 86 p. Dissertação de Mestrado.

PEDROSO, D. C. *et al*. "Métodos de inoculação de *Alternaria alternata* e *A. dauci* em sementes de salsa e sua influência na qualidade fisiológica." Revista brasileira de sementes. 2010, Vol.32, n.3, pp.79-85.

REY, M.S *et al.* "Transmissão semente plântula de *Colletotrichum Lindemuthinum* em feijão (*Phaseolus vulgaris*)." Arquivos do Instituto Biológico, Vol. 76, n. 3, p. 465-470. 2014.

REZENDE, P.M. *et al*. "Efeito da semeadura a seco e tratamento de sementes na emergência, rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]." Ciência Agrotécnica, Vol.27, n.1, p.76-83, 2003.

RIBEIRO, S. G. S. P. "Tratamento de sementes de soja para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum*." 2010. p. 28 Monografia (Pós-graduação em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SMANIOTTO, T. A. de S *et al*., "Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições." Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Vol.18, p.446-453, 2014.

SOUSA, M. V. "Metodologias de inoculação e detecção de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* em sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)." - Lavras : UFLA, 2006.

SOUZA, P.C.R. "Efeito de fungicidas para controle de mofo branco em sementes de feijão para o controle de *sclerotinia sclerotiorum"*. Documentos, IAC, Campinas, 85, 2008.

VENTUROSO, L. R *et al*. "Inoculação de *Sclerotinia sclerotiorum* em sementes de oleaginosas: transmissão e seus efeitos sobre a emergência de plantas." Ciência Rural, Santa Maria, Vol. 45, n. 5, p. 788-793, 2015.

WOO, S *et al*. "Genetically closely related but phenotypically divergent *Trichoderma*species cause green mold disease in oyster mushroom farms worldwide." Appl Environ Microbiol. 2007;73:7415–7426.

WU, B.M.; SUBBARAO, K.V. "Effects of soil temperature, moisture, and burial depths on carpogenic germination of Sclerotinia sclerotiorum and S. minor." Phytopathology, Vol.98, n.10, p.1144-1152, 2008.

ZUCARELI, C *et al*., "Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes."

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Vol.19, n.8, p.803–809, 2015

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SEVERIDADE DE MANCHA BRANCA E RENDIMENTO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

**Brenda Tortelli**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
bre.tortelli@hotmail.com

**Péricles Roberto Steffen**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
bre.tortelli@hotmail.com

**Lucas Andrei Favaretto**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
bre.tortelli@hotmail.com

**Deivid Sacon**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
bre.tortelli@hotmail.com

**Paola Mendes Milanesi**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
paola.milanesi@uffs.edu.br

***Resumo.*** *A produção de milho, em nível mundial, vem aumentando nos últimos anos e a incidência de doenças, tais como a mancha branca (Phaeosphaeria maydis* e *Pantoa ananatis), pode comprometer a produtividade da cultura. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a produtividade de três híbridos de milho, sem aplicação e/ou com duas aplicações de fungicida e a interferência desse manejo sobre o progresso da mancha branca. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com XX repetições. Os híbridos utilizados foram: 8780 PRO 3; 8690 PRO 3 e 9025 PRO 3, expostos à duas aplicações de fungicida (azoxistrobina + tebuconazol; 120 g/L i.a + 200 g/L i.a) nos estádios V6 e V12, ou a nenhuma aplicação (Testemunha). A severidade da mancha branca foi realizada em duas datas distintas após aplicações de fungicida, conforme escala diagramática. Os resultados não foram significativos para a severidade e o controle da mancha branca, pois a incidência da doença foi baixa. O híbrido 9025 PRO 3, apresentou maior peso de mil grãos, quando realizada as duas aplicações do fungicida, assim como maior número de grãos por fileira em relação aos outros híbridos. No entanto, independentemente da aplicação de fungicida, nenhum híbrido apresentou superioridade quanto à produtividade.*

***Palavras-chave:*** *Zea mays, Phaeosphaeria maydis, Pantoa ananatis*, tratamento químico.

## 1. INTRODUCÃO

Com o aumento do consumo mundial de milho, tem-se a necessidade de ampliar a área cultivada com este cereal, que é considerado um dos principais produzidos no mundo. O milho é matéria-prima que pode ser transformada em alimentos, tanto para humanos quanto para animais e, ainda, seus derivados podem ser destinados para a indústria (Moraes e Brito, 2010).

Na última safra, a produção brasileira de milho alcançou 25,6 milhões de toneladas (Conab, 2018). No entanto, o milho apesar de ser considerada uma planta tolerante a ação dos agentes de estresse, seja de natureza abiótica ou abiótica. Desde o final da década de 90 tem-se observado um aumento na incidência e severidade de patógenos, acarretando em perdas de produtividade. A monocultura, o plantio de safrinha e o uso de irrigação, são condições que dificultam a mitigação do inóculo inicial de uma série de patógenos e proporcionam condições ideais para o desenvolvimento de doenças (Juliatti *et al.*, 2007). Além disso, o desenvolvimento de híbridos mais produtivos, porém mais suscetíveis a doenças, e o ambiente favorável para o aparecimento dessas doenças, acarretam em prejuízos, tornando o manejo das doenças um fator determinante para altos rendimentos (Fancelli, 2013).

Nas últimas safras, tem-se observado um aumento na incidência de uma mancha foliar, denominada “mancha branca”. Os danos causados por essa doença dependem das condições ambientais e do estádio de desenvolvimento no

qual a planta é infectada. Quando infectadas precocemente podem ter sua produtividade reduzida se a umidade for alta, preferencialmente com água sobre a superfície da folha.

A etiologia desta doença, ainda é controvérsia, os primeiros trabalhos determinam como agente causal *Phaeosphaeria maydis*, porém, estudos realizados posteriormente, sugerem que a mancha é causada por um complexo microbiano, uma vez que mais de um patógeno pode causar sintomas semelhantes, entre estes, tem-se a bactéria *Pantoea ananati*. Onde o inóculo primário se origina de restos de culturas, uma vez que nenhum hospedeiro alternativo foi identificado. A disseminação do patógeno ocorre por ventos e respingos de chuva (Carvalho *et al*., 2016)

Entre as medidas recomendadas para o manejo de doenças na cultura do milho, pode-se considerar a época de semeadura; a qualidade da semente utilizada; o manejo cultural; o uso de híbridos/variedades com resistência genética, e a aplicação de fungicidas. Com relação ao controle químico, a aplicação de triazóis, em combinação com estrobilurinas, é uma ferramenta importante em sistemas de produção de média e alta tecnologia, o que auxilia na manutenção do potencial produtivo dos híbridos de milho (Bonaldo *et al*., 2010).

A escolha do híbrido é um aspecto que deve ser considerado tendo em vista a obtenção de altas produtividades, porém, existe uma variedade destes no mercado criando-se a necessidade de avaliar os diferentes híbridos disponíveis (Silva *et al*., 2014) considerando-se a sanidade, o rendimento e o retorno financeiro ao produtor. Nesse sentido, buscou-se avaliar severidade da mancha branca e a produtividade de diferentes híbridos de milho, com ou sem duas aplicações de fungicida contendo a mistura de triazol com estrobilurina.

## 2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental e no Laboratório de Fitopatologia, ambos localizados na Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim, na safra 2017/18, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (*Oxisol*), unidade de mapeamento Erechim (Embrapa, 2013). A análise de solo (profundidade 0,00-0,10 m) indicou a seguinte caracterização química: pH: 5,4; matéria orgânica (MO): 3,6% (teor médio); P: 5,7 mg $dm^{-3}$; K: 89 cmolc $dm^{-3}$; Al: 0,2 cmolc $dm^{-3}$; Ca: 5,6 cmolc $dm^{-3}$; Mg: 2,8 cmolc $dm^{-3}$; e CTC: 14,2 cmolc $dm^{-3}$. O clima do local é classificado como Cfa (clima temperado úmido com verão quente) conforme classificação de Köppen, apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Cemetrs, 2012).

Nos ensaios conduzidos, foram utilizados os híbridos de milho AG 8780 PRO 3; AG 8690 PRO 3; e AG 9025 PRO 3, as quais foram semeados em espaçamento de 0,5 m, com densidade de 4 sementes por metro linear, a fim de se obter uma população de 80 mil plantas $ha^{-1}$ para os três híbridos. Os tratamentos consistiram na aplicação do fungicida azoxistrobina + tebuconazol (120 g + 200 g), nos estádios fenológicos V6 e V12, em todos híbridos. No tratamento testemunha, não houve aplicação de fungicida.

A adubação de base foi realizada com fertilizante mineral (NPK), fórmula 09-33-12, na proporção de 319 kg $ha^{-1}$. A aplicação de nitrogênio na forma de ureia (45%) em cobertura foi de 300 kg $ha^{-1}$, nos estádios de V3 e V6. Na pós-emergência do milho, foram realizados tratos culturais como aplicação de inseticida e herbicida, sempre que necessário.

Foram feitas avaliações de severidade (%) de mancha branca nas folhas de milho, em duas datas distintas, de acordo com a escala diagramática de Sachs *et al*. (2011), conforme figura 1. Os dados obtidos na avaliação de severidade foram expressos em porcentagem (%) de mancha branca por tratamento.

A colheita das espigas foi realizada quando os grãos apresentaram 25% de umidade, considerando-se como área útil 4 m² no centro de cada parcela. A trilha das amostras foi realizada com auxílio de uma trilhadora estacionária de parcelas e, após foram realizadas avaliações de componentes de rendimento (peso de mil grãos, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira) e produtividade (kg $ha^{-1}$), para cada tratamento.

Para determinação da umidade (%) dos grãos utilizou-se o método de estufa a 105 ± 3 ºC por 24 horas; e o peso de mil grãos (g) foi quantificado pela pesagem de oito repetições de 100 grãos por parcela. Ambas as metodologias foram realizadas conforme Brasil (2009). A produtividade por tratamento foi calculada a partir da pesagem dos grãos provenientes de cada parcela, sendo a umidade corrigida para 13%.

Os dados obtidos foram tabulados e, posteriormente, submetidos à análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$). Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do *software* estatístico SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2011).

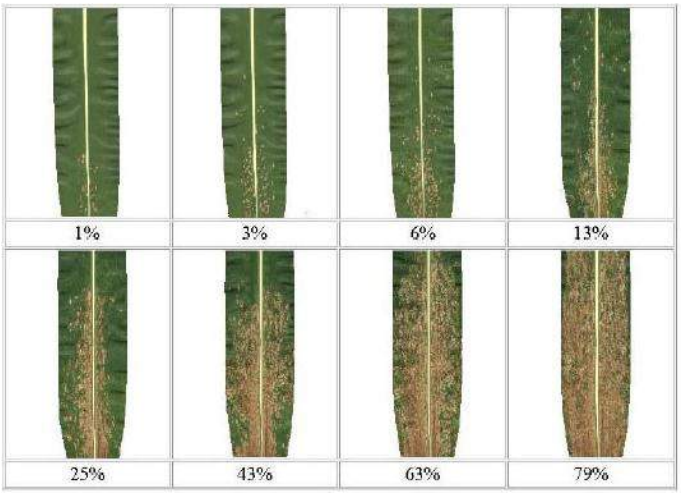



Figura 1. Escala visual para estimativa da severidade mancha branca (*Phaeosphaeria maydis*) em milho (Sachs *et al.*, 2011).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à severidade de mancha branca do milho, para os híbridos utilizados nesse trabalho, os resultados não foram significativos, pois a incidência da doença foi reduzida para ambos os tratamentos com e sem aplicação de fungicidas (dados não mostrados). Isso corrobora os trabalhos de Ribeiro et al. (2013) e Costa e Cota (2009), os quais também verificaram que não houve diferença entre híbridos de milho, com e sem aplicação de fungicida.

O híbrido 9025 PRO 3, apresentou maior peso de mil grãos (PMG, g) com aplicação de fungicida, e maior número de grãos por fileira em relação aos outros híbridos (Tabela 1). Similarmente, Silva et al. (2016), mostraram que as aplicações de fungicida em dois estádios proporcionaram um maior PMG em relação aos tratamentos sem aplicação, visto que o tratamento químico assegura que o híbrido expresse seu potencial genético para produção de grãos, sem ser prejudicado por doenças, Bonaldo et al. (2010) constataram que a aplicação de fungicida, assegura uma relação diretamente proporcional entre o aumento do peso de mil grãos e a produtividade.

Tabela 1. Produtividade (kg ha-1), peso de mil grãos (PMG, g), número de fileiras por espiga e de grãos por fileira, para os híbridos de milho AG 8780 PRO 3, AG 8690 PRO 3 e AG 9025 PRO 3, sem e com aplicação de fungicida.

| Híbrido de milho | Aplicação fungicida | Produtividade (kg ha$^{-1}$) | PMG (g) | Número fileiras por espiga | Número de grãos por fileira |
|---|---|---|---|---|---|
| AG 8780 PRO 3 | Sem | 12804,54 a* | 496,35 ab | 16,00 a | 35,25 b |
| | Com | 14464,44 a | 488,19 b | 16,50 a | 35,75 b |
| AG 9025 PRO 3 | Sem | 14282,33 a | 522,82 ab | 14,50 b | 38,75 a |
| | Com | 15526,94 a | 552,04 a | 14,50 b | 39,50 a |
| AG 8690 PRO 3 | Sem | 13778,41 a | 489,75 ab | 14,00 b | 33,24 cb |
| | Com | 12607,69 a | 463,52 b | 13,50 b | 31,50 c |
| Coeficiente de variação (CV%) | | 12,28 | 5,51 | 5,32 | 3,24 |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No entanto, nas análises de número de grãos por fileira e número de fileiras por espiga, não houve diferença para os mesmos híbridos, sem e com aplicação de fungicida. Tais resultados assemelham-se aos obtidos por Ecco et al. (2014) que, ao avaliar a influência do controle químico em híbridos de milho, também observaram que não houve interação significativa, indicando que o desempenho desses híbridos foi independente da ação dos fungicidas.

A incidência de mancha branca foi baixa, acarretando em poucos resultados quando aplicados os tratamentos químicos, demonstrando que nessa condição, não é necessário a aplicação de fungicida.

Os híbridos apresentaram comportamento semelhantes, pois não diferiram estaticamente em produtividade, apenas nos componentes de rendimento, o que pode ser explicado pela carga genética de cada híbrido, pois um híbrido pode apresentar maior número de fileiras por espiga, mas menor número de grãos por fileira, ou vice-versa, (Rotili, 2012), fato que reafirma, que não é necessário aplicação de fungicida em dada situação.

## 4. CONCLUSÃO

Os híbridos apresentam comportamento semelhantes, não diferindo estatisticamente na produtividade, com e sem aplicação de fungicida.

A aplicação de fungicida não foi significativa devido à baixa incidência da doença de mancha branca na cultura.

## 5. REFERÊNCIAS

CARVALHO, R.V. *et al*., **Doenças do milho**. in: Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L.E.A. (eds.). manual de fitopatologia – doenças das plantas cultivadas. Vol. 2, 5 ed. p.392. 2016.

BONALDO, S. M *et al*., Avaliação da aplicação de fungicida em milho "safrinha" no Município de Boa Esperança Paraná. **Campo Digit@l**, p. 1-7. 2010.

CEMETRS – Centro Estadual de Meteorologia, "**Atlas climático do Rio Grande do Sul**". 2017. Disponível em: < http://www.r3pb.com.br/AtlasCemetRS/#/ > Acesso em: 19 413 Acesso em: 28 ago. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos.** Brasília, v.5, Safra 2017/2018, n.7, sétimo levantamento, abr. 2018.

COSTA, R.V.; COTA, R.V. **Controle químico de doenças na cultura do milho: aspectos a serem considerados na tomada de decisão sobre aplicação**. Circular técnica, nº125, Sete Lagoas, MG. Dez, 2009.

DUARTE, R. P. *et al*., **Eficácia de diferentes fungicidas na cultura do milho**, Bioscience Journal, Uberlândia, Vol. 25, n. 4, p. 101-111, Ago, 2009.

ECCO, M.; ROSSET, J. S.; RAMPIM, L.; COSTA, A. C. T.; LANA, M. C.; STANGARLIN, J. R.; SARTO, M. V. M. Características agronômicas de híbridos de milho segunda safra submetidos à aplicação de fungicida. **Revista Agrarian**, Vol.7, n.26, p.504-510, 2014.

EMBRAPA**. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa ed. Brasilia: Embrapa, 2013. 353 p.

FANCELI, A.L. **Milho: estratégias de manejo**. Piracicaba: USP/ ESALQ/LPV, 2013. p. 180.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Vol. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

JULIATTI, F. C. *et al*. Fungicidas na parte aérea da cultura do milho: evolução de doenças fúngicas, perdas, resposta de híbridos e melhoria da qualidade da produção. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Vol. 15, p. 277-334, 2007.

MORAES, D.F.; BRITO, C.H. **Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, p.16.

PINTO, N. F. J. A. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, Vol.3, n.1, p. 134-138, 2004.

RIBEIRO, M.R *et al*. **Desempenho de híbridos de milho safrinha com e sem pulverização de fungicida na parte aérea**. In: XII seminário nacional de milho safrinha. Dourados – MS, 2013.

ROTILI, E.A *et al*. Divergência genética em genótipos de milho no Estado do Tocantins. **Revista Ciências Agronômica**, Vol.43, n.3, p. 516-521, set, 2012.

SACHS, P. J. D *et al*., Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho. ***Summa phytopathol.* [online]**. 2011, Vol. 37, n.4, pp. 202-204.

SILVA, A.G. Desempenho agronômico e econômico de híbridos de milho na safrinha. Revista **Agro@mbiente**, Vol. 8, n. 2, p. 261-271, 2014.

SILVA, G.A *et al*. Aplicação de fungicida em híbridos de milho na safra de verão na região Central do Brasil. **Magristra**. Cruz das Almas – BA, Vol. 28, p.379-389. Dez. 2016.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ENTOMOFAGIA: UMA ALTERNATIVA PARA A FOME MUNDIAL
## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

**Vinícius Gustavo Lira Borsa**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
vinilira196@gmail.com

**Thais Fernanda Foratti**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
thais_foratti@hotmail.com

**Lucas Adona**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS

**Tiago Sychocki**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
tiagosychocki04@outlook.com

**Vanderlei Carlos Veigel**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
vandeveigel@hotmail.com

**Marília Silva**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS E-mail: mariliasilva@uricer.com.

***Resumo***. *A presente revisão versa sobre entomofagia, que se caracteriza como uma grande alternativa de alimentação, principalmente relacionando-se a um problema amplamente pesquisado e debatido da sociedade atual, que buscam formas de acabar ou pelo menos diminuir a fome no mundo. Entre as vantagens desta fonte de alimentação é que, além das boas qualidades nutritivas, a produção de insetos pode ser feita em mini fazendas, ocupando um espaço que chega a ser mil vezes menor do que o usado para a produção de bovinos, por exemplo. Outro fato que pode ser destacado, é que não são necessários tantos recursos produtivos, como por exemplo, grande quantidade de água, pasto, etc. Além disto o baixo custo de produção e grande capacidade reprodutiva dos insetos baratearíam o custo da alimentação. A revisão bibliográfica foi realizada mediante leitura sistemática, com fichamento de cada obra ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão. Nessa revisão usou-se o método hermenêutico que discute as principais proposições dos autores. O objetivo do trabalho foi apresentar os insetos como fonte de alimentação utilizando como referencia utilizou-se materiais publicados em livros, artigos periódicos, monografias, dissertações, teses, anais. Considerando-se os fatores pesquisados conclui-se que a entomofagia é uma alternativa viável no combate a fome e a desnutrição no mundo, tanto do ponto de vista nutritivo, ecológico e econômico.*

***Palavras-chave:*** *antropoentomofagia; nutrição; fome.*

## 1. INTRODUÇÃO

A fome será um dos maiores problemas que a humanidade enfrentará no futuro. Segundo as perspectivas da FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e alimentação, de 2000 a 2030, o mundo terá que aumentar a produção per capita de carne em 20%. Há uma perspectiva que até 2030, a produção de aves deva crescer em torno de 40,4%, a bovina 12,7%, a de peixes 19% e a suína 20%, porém em níveis insatisfatórios para alimentar uma população em ritmo acelerado de crescimento (ABRAVES, 2013).

A presente pesquisa versa sobre a entomofagia, que se caracteriza como o consumo de insetos, este custume é historicamente antigo e geograficamente disseminado e se apresenta como uma fonte importante de nutrientes e que pode ser incluída na alimentação humana. Desta forma se apresenta como uma valiosa alternativa de alimentação para uma população em expansão e que necessitará cada vez mais produzir alimentos sem de alguma forma degradar o ambiente, isto é extremamente importante para colaborar com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Entre as vantagens da produção de insetos para consumo humano estão a grande prolificidade, curto período de tempo para se obter novas gerações (GALLO et al, 2022), a produção pode ser feita em lugares pequenos como laboratórios e mini fazendas, utilização de poucos recursos como área de terra , água e alimento,

comparado à produção de bovinos por exemplo (ROMEIRO et al., 2015).

Segundo Romeiro et al. (2015) outra questão que se destaca fortemente é que os insetos apresentam alto valor nutritivo possuindo grandes quantidades de proteína, aminoácidos, vitaminas e outras substâncias que estão presentes em nossa alimentação. Um entrave a utilização de insetos na alimentação é a questão cultural e estética. Em países orientais o consumo é mais disseminado. Assim a divulgação de trabalhos e pesquisas a respeito deste assunto tornam- se necessárias visando a disseminação desta opção alimentar como auxilio no combate a fome mundial, almejando um futuro com alimentos nutritivos, na quantidade necessária, ao alcance de seu poderio monetário e com sustentabilidade do ecossistema.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A revisão bibliográfica foi realizada mediante leitura sistemática, com fichamento de cada obra ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão.

Nesse trabalho usou-se o método hermenêutico que discute as principais proposições dos autores.

Quanto aos objetivos, este trabalho é classificado como pesquisa exploratória, pois utiliza-se de levantamento bibliográfico, visando divulgar novos conhecimentos de interesse universal

Com relação aos procedimentos técnicos a pesquisa foi bibliográfica, pois, utilizou-se material já publicado em livros, artigos periódicos, monografias, dissertações, teses, anais.

Teorização: o diálogo entre as teorias, os autores estudados e os achados da pesquisa permitiram a discussão e formação de conclusões que embora provisórias, possam atuar como norteadores de novos estudos.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

### 3.1 Fome X Consumo De Insetos: Fome Mundial, Escassez De Alimento

Segundo dados da FAO, 842 milhões de pessoas sofrem de fome crônica e muitas outras morrem ou sofrem os efeitos nocivos de uma nutrição inadequada. Cerca de 2 bilhões de pessoas são afetadas pela deficiência de micronutrientes, cerca de 7 milhões de crianças morrem antes do seu quinto aniversário todo ano e 162 milhões de crianças menores de cinco anos são raquíticas. Além disso, 500 milhões de pessoas estão obesas (CARTA CAPITAL, 2012). Quando se fala de fome mundial, muitas pessoas não compreendem a extensão deste problema, sendo assim novas fontes de alimentação são necessárias, desta forma a produção e consumo de insetos necessitam de atenção especial por parte de pesquisadores e pessoas ligadas à avaliação de políticas públicas para que esta pratica se alie nesta guerra contra a fome Benitez ( 2013). Segundo Ávila (2012), cálculos da Oxfam (2014), estimam que os preços médios de alimentos deverão dobrar até 2030 e que até 2050, 25% da produção mundial de alimentos pode ser perdida em razão do impacto conjunto as mudanças climáticas, da degradação do solo, da escassez de água e das pragas.

Além disso, o consumo sustentável de insetos comestíveis pode beneficiar a conservação dos recursos naturais e, assim, desempenhar um papel importante na conservação da biodiversidade (ROMEIRO et al. 2015). Outro ponto que pode ser destacado é o índice de conversão, pois para obter um quilo de proteína bovina são necessários 13 quilos de verduras, já para conseguir a mesma quantidade de proteínas dos grilos é preciso apenas 1,5 quilo de vegetais (BENITEZ, 2013),

### 3.2 CONSUMO DE INSETOS NO BRASIL E NO MUNDO

A antropoentomofagia,ou seja, alimentação humana com insetos, é um habito presente em diversos países desde a antiguidade, mas que atualmente encontra-se marginalizada ou esquecia pela maior parte da população (LINASSI, 2011). Os insetos podem ser consumidos diretamente em diferentes estágios de seu desenvolvimento: ovos, larvas, pupas e adultos, mas é em forma de larva ou pupa que a maioria das espécies registradas é consumida. Quando consumidos indiretamente, a ingestão se dá em forma de produtos elaborados e/ou excretados por estes insetos, como: mel, cera, pólen, óleos, corantes, remédios, chás, infusões e farinhas, agregados ou não a outros ingredientes (COSTA NETO, 2003).

Um dos fatores que ainda surgem como empecilho no consumo e criação de insetos no mundo inteiro é a questão da regulamentação, pois segundo Benitz (2013), essas travas estão na contramão da recomendação da FAO de apelar a insetos e derivados para combater a fome no mundo. Em seu informe, divulgado no dia 13 de maio, Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security (Insetos Comestíveis: Perspectivas de Futuro para a Segurança Alimentar e Alimentação), aconselha seu consumo pelo grande valor “nutritivo”, determinado por “seu alto conteúdo de proteínas, vitaminas, fibras e minerais”. Ainda segundo Giroud, apud Benitez (2013), além da falta de regulamentação, existe uma “barreira cultural” à ingestão de insetos, uma prática que ocorre mais em alguns países da América Latina, África e Ásia.

Existem grupos e tipos de insetos que se adequam mais ao consumo humano, podendo ser estes tais grupos aproveitados de forma mais eficiente, segundo Romeiro et al., (2015). O maior grupo de insetos comestíveis é o de coleópteros (besouros), com mais de 443 espécies, seguido por himenópteros (principalmente formigas), com algo em torno de 307 espécies, ortópteros com 235 espécies (gafanhotos e grilos, dentre outros) e lepidópteros (lagartas de borboletas e mariposas), com mais de 228 espécies registradas, além de percevejos, cupins, cigarrinhas e moscas,

dentre outros. Estudos indicaram que 10% dessas espécies são cosmopolitas e as restantes estão restritas a determinadas zonas geográficas, das quais 12% são espécies aquáticas e 78% são terrestres (RAMOS-ELORDUY, 2000). Algumas lagartas no sul da África e ovos de formigas tecelãs no sudeste da Ásia são considerados iguarias e atingem altos preços no mercado consumidor (CARRERA, 1992; NEWS, 2014).

Dados da FAO, mostram que cerca de 80% dos países possuem insetos em seu cardápio e 23 dessas nações ficam no continente americano. Mais de mil tipos de insetos já fazem parte do cardápio, principalmente na porção oriental do globo, sendo mais populares nas regiões tropicais, onde ficam maiores em tamanho e são mais fáceis de serem capturados. Observa-se assim os percentuais de consumo de insetos por continente e em seus respectivos países: África 524 espécies comestíveis e consumo por 62% dos países; Ásia 349 espécies comestíveis e consumo por 58% dos países; Oceania 152 espécies comestíveis e consumo por 56% dos países; Américas 679 espécies comestíveis e consumo por 41% dos países; e Europa com 41 espécies comestíveis e consumo por 21% dos países (FAO, 2011).

No Brasil os insetos já estão presentes na alimentação da vida cotidiana, talvez sem serem notados, como a cochonilhado-carmim, um aditivo natural que dá a cor vermelha aos batons, doces e embutidos, e que aparece nos rótulos sob o nome de carmim ou E-120 (BENÍTEZ, 2014). Em algumas regiões do Brasil o consumo de alguns insetos se faz presente em pratos tradicionais. Este é o caso do consumo da formiga popularmente conhecida como Tanajura ou íça, que é bastante apreciada em Minas Gerais, Amazonas e em todo o Nordeste brasileiro, usada como um dos ingredientes de uma farofa. A larva do besouro Pachymerus nucleorum, também é consumida por moradores da zona rural de Minas Gerais (TERRAMERICA, 2013), e a saúva (Atta cephalotes), formiga que pode ser encontrada principalmente em panelas da região Norte, possui mais proteínas (42,59%) do que a carne de frango (23%) ou a bovina (20%). No nosso pais existem poucas empresas que produz insetos para o consumo, no entanto, é destinado apenas para consumo animal (Nutrinsecta, Safari Insetos...), estas empresas estão em processo de solicitação junto ao ministério da Agricultura de uma licença para a produção com vistas ao consumo humano (TERRAMERICA, 2013).

### 3.3 TIPOS E FORMA DE CONSUMO DE ALGUNS INSETOS COMESTÍVEIS

Os insetos podem ser consumidos in natura ou em diferentes prepares de acordo com os costumes e cultura de cada região, abaixo são apresentados alguns insetos consumidos no mundo e forma de preparo para consumo conforme relatado por Romero et al (2015):.

Lagartas mopane (cozidas em água e sal e, em seguida, secas ao sol), cupins (fritos, secos ao sol, defumando ou cozinhando-os em folhas de bananeira), witchetty grub (larvas grandes, brancas e comedoras de madeira, quando comidas cruas, as larvas têm gosto de amêndoas; quando cozidas levemente em brasa, desenvolve uma textura crocante e saborosa, lembrando frango assado), Chapulines (gafanhotos do gênero Sphenarium, são muitas vezes servidos assados e aromatizados com alho, suco de limão e sal, com guacamole ou pimenta em pó seca), verme agave (grelhado, em tortilhas, ou temperada com molhos picantes), gorgulho da palma (Rhychophorus phoenicis – fritos e in natura), percevejos da ordem Hemiptera (mergulho em água quente para remover seu aroma ruim, cozidos e desidratados), larvas de bicho-da-farinha (Tenebrio molitor – in natura ou desidratados), formiga tanajura (fritas ou em forma de farofa, sempre removendo as asas, o ferrão e as patas), larva de palmeira (in natura, tostada ou frita), formigas (abdome do tamanho de uvas, cheias de um néctar açucarado, na Colômbia tosta-se o traseiro de formigas cortadeiras, que têm sabor de pipoca ou amendoim, tailandeses consomem as formigas vermelhas e suas larvas salteadas ou em saladas), larvas de vespa (cozidas no molho de soja com açúcar até ficarem crocantes), cigarra (fritas), libélula (cozido ou frito - sabor similar ao dos caranguejos), ovos de formigas negra gigante Liometopum (cozidos ou fritos, sendo consumidos nos tacos e tortilhas), mandorovás (espremidos, secas no sol ou defumadas e servidas com molhos e ensopados), grilo (tostados e crocante com chile e limão); casulo do bicho-da-seda (fritos ou cozidos, o sabor semelhante ao de camarões desidratados, mas com uma consistência suculenta) ( ROMERO et al., 2015).

## 4. CONCLUSÃO

Considerando-se todos os fatores pesquisados e toda a informação obtida, pode-se concluir que a antropoentomofagia se caracteriza como uma alternativa extremamente viável no combate a fome e a desnutrição no mundo, tanto do ponto de vista nutritivo, ecológico e econômico. Sendo que uma tendência alimentícia cada vez mais visada nos países ocidentais, tendo em vista que no oriente este habito já bastante difundido. Desta forma afirmamos que a entomofagia possui um futuro promissor, sendo necessárias mais pesquisas, debates e divulgação em universidades, comunidade em geral e especialmente em eventos ligados ao combate da fome no mundo.

## 5. REFERÊNCIAS

ÁVILA, F. Envolverde, jornalismo & sustentabilidade. Carbono brasil. Oxfam alerta para o agravamento da crise alimentar. 2012. Disponível em: <http://envolverde. com.br/ambiente/oxfam-alerta-para-o-agravamento-dacrise-alimentar/>. Acessado em: 20 out. 2014.

BENÍTEZ, I. 2014. Terramérica. Barreiras ao mercado de insetos. Disponível em: <http://www.ipsnoticias.net/

portuguese/2013/07/ultimasnoticias/terramerica-barreiras-ao-mercado-de-insetos/>. Acessado em: 10 nov. 2014.

CANTO, Reinaldo. CARTA CAPITAL. 2012. Sustentabilidade. A crise mundial de alimentos e a fome que virá por aí.
CARTA CAPITAL. 2012. Sustentabilidade. A crise mundial de alimentos e a fome que virá por aí. Disponível em: <www.cartacapital.com.br/sustenta bilidade/a-crise-mundial-de-alimentos-e-a-fome-que-vira-por-ai>. Acessado em: 25 out. 2014.

CARRERA, M. Entomofagia humana. Revista Brasileira de Entomologia, v. 36: pag. 889-894. 1992.

CASTRO, F. 2013. A população e a produção de alimento: A fome não é problema de escassez de produto. Disponível em: <http://www.amapadigital .net/francisco _castro_view.php?ID=1433>. Acessado em: 20 nov. 2014.

COSTA NETO, E. M. Insetos como fonte de alimento para o homem: valoração de recursos considerados repugnantes. Interciência, v.28, n.3, pag. 136-140. 2003.

CLAUDIO J. V. Z. Alimentação. 2015. Insetos comestíveis: uma alternativa de alimento para o futuro? Depto. de Zoologia, Instituto de Biociências – UNESP Rio Claro. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br /biosferas/ 0037.php>. Acessado em: 10 abr. 2015.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e alimentação. Incentiva o consumo de insetos em todo o mundo. 2011. Disponível em: <http://www.tvi24.iol.pt/acredite-se-quiser/insetos-fao-carne-alimentacaoprotainas-organizacao-para-a-alimentacao-e-a-agricultura/1449046-4088. html>. Acessado em: 20 ago. 2018.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S. CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C. DE; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. Entomologia Agrícola. 10. Ed. Piracicaba: Fealq, 2002.

ROMEIRO, E. T.; OLIVEIRA, I. D.; CARVALHO, E. F. Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. Contextos da alimentação – revista de comportamento, cultura e sociedade, v. 4, n.1, 2015.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela a apresentação deste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# LISINA NA NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS REVISÃO BIBLIOGRAFICA

**Vinícius Gustavo Lira Borsa**
**Vanderlei Carlos Veigel**
**Amito José Teixeira**
**Daniela dos Santos de Oliveira**
**Mauro Antonio de Almeida**
**Antonio Sergio do Amaral**
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
**Sandra Piovesan**
**Ricati Lima Majewski**
**Patrícia Tussi**

*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS*

**Emails:** *vinilira196@gmail.com; vandeveigel@hotmail.com; amito@uricer.edu.br; danielaoliveira@uricer.edu.br; maurodealmeida@uricer.edu.br; asamaral@uriecer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; 044440@aluno.uricer.edu.br, 093705@aluno.uricer.edu.br; ptussi@uricer.edu.br.*

***Resumo***. *A lisina é um aminoácido essencial, que é imprescindível na dieta de aves e suínos. O que caracteriza a lisina como um aminoácido essencial é o fato de a mesma não ser sintetizada pelo organismo dos animais, mas, mesmo assim ser extremamente necessária em diversas funções vitais dos mesmos. O principal meio que é usado para fazer com que o animal tenha disponível para si às quantidades adequadas de lisina é a alimentação, que pode fornecer este aminoácido por meio de grãos, ou por meio de compostos sintetizados, como por exemplo, os núcleos, que se caracterizam como o meio mais eficiente. A revisão bibliográfica será feita mediante leitura sistemática, com fechamento de cada obra ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão. Nesse trabalho usou-se o método hermenêutico que discute as principais ideias dos autores. Pode-se classificar esse trabalho, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa básica, uma vez que tem como objetivo gerar conhecimentos novos de interesse universal. Quanto aos objetivos, este trabalho é classificado como pesquisa, exploratória, pois utiliza-se de levantamento bibliográfico.Com relação aos procedimentos técnicos a pesquisa será bibliográfica, pois, utilizará material já publicado em livros, artigos periódicos, monografias, dissertações, teses, anais.*

***Palavras-chave:*** *organismo; nutrição; aminoácido.*

## 1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa versa sobra a lisina na nutrição de aves e suínos, sendo a mesma um aminoácido essencial que exerce importantes funções dentro do organismo de diversos animais, em especial os monogástricos. O trabalho tem como objetivo principal realizar uma pesquisa sobra as propriedades da lisina na nutrição de aves e suínos. A lisina é um aminoácido essencial por que além de a mesma ser extremamente importante nas reações metabólicas de diversos animais, tal aminoácido não é metabolizado no organismo, logo se necessita de uma nutrição planejada de acordo com cada categoria animal, para que a quantidade de lisina necessária seja fornecida na alimentação. Entre as importantes funções da lisina, podemos citar que no caso das aves e suínos, por exemplo, a mesma atua na síntese de proteína muscular. Segundo Bertechini et al (2004) na prática, os aminoácidos essenciais, lisina, metionina, triptofano e treonina estão limitantes nas fontes de proteína e energia comumente utilizadas nas rações destes animais. Deste modo se faz necessária a combinação de diferentes fontes de proteínas para melhor nutrir os animais. Logo, quando se obtém uma proteína muscular de qualidade em casos de produção animal de corte, por exemplo, como é o caso dos suínos e em alguns casos de aves, geralmente obtém-se um produto final de extrema qualidade, gerando um maior lucro ao produtor. Muitos produtores se utilizam de núcleos (suplementos alimentícios sintetizados) para suprir a necessidade deste

aminoácido na nutrição animal. Pode-se dizer que esta maneira é muito eficiente, entretanto também existem outros tipos de alimentos que fornecem a lisina para os animais, entre estes alimentos está o farelo de soja. A metodologia dessa pesquisa baseou-se em material bibliográfico e o estudo foi de caráter exploratório.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A revisão bibliográfica foi realizada mediante leitura sistemática, com fichamento de cada obra ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão.

Nesse trabalho usou-se o método hermenêutico que discute as principais proposições dos autores.

Pode-se classificar esse trabalho, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa básica, uma vez que tem como objetivo gerar conhecimentos novos de interesse universal.

Quanto aos objetivos, este trabalho é classificado como pesquisa exploratória, pois utiliza-se de levantamento bibliográfico.

Com relação aos procedimentos técnicos a pesquisa foi bibliográfica, pois, utilizou-se material já publicado em livros, artigos periódicos, monografias, dissertações, teses, anais.

Teorização: o diálogo entre as teorias, os autores estudados e os achados da pesquisa permitiram a discussão e formação de conclusões que embora provisórias, possam atuar como norteadores de novos estudos.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

### 3.1 PROPRIEDADES DA LISINA NA NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS.

Pode-se constatar que a lisina possui propriedades extremamente importantes no desenvolvimento de aves e suínos, deste modo a mesma não pode faltar na dieta de tais classes de animais, a lisina é considerada um aminoácido fisiologicamente essencial para manutenção, crescimento e produção de suínos e aves e tem como principal função a síntese de proteína muscular Segundo (GONÇALVES, 2013). Ela é considerada essencial porque é sintetizada pelo organismo em pequenas quantidades, que não atendem à necessidade do animal, o que torna necessária a ingestão de proteína intacta do alimento ou de fontes sintéticas como a L-lisina (ROCHA et al, 2009).

As variações nas relações de aminoácidos, entre eles, metionina+cistina:lisina observadas em diferentes estudos podem estar associados a fatores como o genótipo dos animais, o ambiente, sexo, o tipo de alimento que compõe as dietas experimentais, a digestibilidade real dos aminoácidos e o nível de lisina das dietas experimentais (JENOVA, 2017). Entretanto, deve-se ser analisada a quantidade de cada tipo de aminoácido que é necessária para diferentes categorias animais. Sakomura & Rostagno (2007), apud De Siqueira, et al (2011) relataram que o mais importante é entender como uma população ou lote de animais responde ao acréscimo da concentração de um aminoácido na ração, identificando-se a região crítica das curvas-resposta, o que possibilita a associação de variáveis econômicas para definição dos níveis ótimos de aminoácidos nas rações.

Em relação a aves de postura a lisina necessita de um cuidado diferenciado, segundo Barbosa et al. (1999) uma especial atenção tem sido dada à determinação das exigências de lisina, pois neste aminoácido baseia-se o conceito de proteína ideal, por ser referência para os demais. Jordão Filho et al. (2003) determinaram as exigências nutricionais de lisina para poedeiras semipesadas utilizando níveis de 0,64; 0,68; 0,72; 0,76; 0,80; 0,84 e 0,88%. Esses autores concluíram que não houve efeito significativo dos níveis de lisina sobre o consumo de ração, a massa de ovos, conversão por massa de ovos e gravidade específica. Entretanto, houve efeito sobre a produção de ovos e a conversão por dúzia de ovos para exigências estimadas em 0,766 e 0,753%, respectivamente, recomendando-se exigência de 0,76% ou 822 mg de lisina/ave/dia.

### 3.2 PAPEL DA LISINA NAS REAÇÕES METABÓLICAS DE AVES E SUÍNOS

A lisina é um aminoácido essencial, que não pode faltar na alimentação de monogástricos, este fato ocorre por que a mesma exerce importantes funções fisiológicas dentro do organismo desta classe de animal NEPOMUCENO (2016). O autor preconiza que a lisina é considerada um aminoácido fisiologicamente essencial para manutenção, crescimento e produção de suínos e aves e tem como principal função a síntese de proteína muscular, considerada essencial, pois é sintetizada pelo organismo em pequenas quantidades, que não atendem à necessidade do animal, torna-se necessária a ingestão de proteína intacta do alimento ou de fontes sintéticas como a L-lisina HCl. Rostagno (2000) apud Fontes et al. (2005), recomenda níveis de 1,06 e 1,28% como exigência de lisina para suínos de médio e alto potencial genético para deposição de carne magra, dos 15 aos 30 kg, respectivamente. O NRC (1998), em sua mais recente publicação, informou a exigência de lisina para suínos de 50 a 80 e 80 a 120 kg como sendo de 0,75 e 0,60%, respectivamente (MOREIRA et al. 2002) Avaliando o efeito dos níveis de lisina digestível para 80 suínos machos castrados, dos 95 aos 125 kg, Almeida Santos et al. (2011) determinaram que o nível de 0,803% de lisina digestível proporcionou os melhores

resultados de ganho de peso e deposição de carne, enquanto o nível de 0,817% melhorou a conversão alimentar e o de 0,948% promoveu maior deposição de carne e espessura de toucinho.

Um único aminoácido impede o máximo aproveitamento de outro, implicando na síntese proteica/aminoacídica e nas relações entre os aminoácidos. Quando esse é um limitante, a sua falta na dieta determina o excesso ou carência de outro, que no caso será oxidado, ou então, imbalanços aminoácidicos. Cabe ressaltar, que o desbalanceamento ou deficiência de aminoácidos limitantes gera um maior catabolismo de moléculas e diminui o processo de anabolismo (JENOVA, 2017).

Outro ponto que também pode ser abordado é a importância da lisina em relação a aves de postura, e um dos motivos de fornecer a lisina para esta modalidade de animal de produção é através da inclusão de proteínas na dieta das aves, pois, segundo Oliveira ( 1992) o nível de proteína total pode influenciar a qualidade da casca após muda forçada, uma vez que aves alimentadas com níveis menores de PB produzem ovos menores, o que torna a casca mais resistente.

A lisina é considerada como aminoácido referência em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal por ser o primeiro aminoácido limitante na maioria das dietas para suínos e o segundo, depois dos aminoácidos sulfurosos, para aves. Além disso, este aminoácido encontra-se disponível na forma cristalina para ser utilizada nas rações práticas dos animais e sua análise laboratorial é simples e direta (DE ARAÚJO, 2012).

### 3.3 MANEIRAS DE INTRODUZIR A LISINA NA ALIMENTAÇÃO DE MONOGÁSTRICOS

A lisina é um aminoácido essencial aos monogástricos pelo fato de exercer importantes funções fisiológicas dentro do organismo dos mesmos, entretanto outro ponto que caracteriza a mesma como indispensável é o fato de que este importante aminoácido provem de fontes externas ao organismo dos animais, ou seja, deve ser administrado na dieta dos animais. As matérias primas ricas em carboidratos, como o milho, sorgo, trigo, triticale, milheto, farelo de arroz e outros são deficientes em lisina, 0,20 a 0,40% na matéria natural e representam o ingrediente de maior inclusão na dieta de suínos e aves. O farelo de soja, que representa a fonte proteica mais utilizada nestas dietas, possui níveis de lisina altos, 2,6 a 3,0% (JORNAL NOSSA TERRA (2011) apud GONÇALVES (2013). Entretanto pode-se destacar que é de extrema necessidade que seja determinado a necessidade de cada categoria animal, perante os níveis de lisina que serão fornecidas aos diferentes monogástricos. Considerando-se que existem diferenças no consumo, na taxa e eficiência de crescimento entre as categorias animais (Hansen e Lewis, 1993), e ainda, que a lisina é um aminoácido limitante em dietas de suínos (Yen et al., 1986), existe a necessidade de que a exigência nutricional deste aminoácido seja estabelecida por categoria animal (GASPAROTTO, 2001).

São encontradas diversas recomendações de exigência de lisina para suínos em crescimento. Donzele et al. (1994) indicaram 0,89 e 0,91% para machos inteiros e fêmeas, respectivamente, Por outro lado, Ferreira et al. (1996), em revisão da literatura brasileira, concluíram por 0,85%, enquanto Benati (1996), compilando dados de dez empresas que atuam no mercado brasileiro, encontrou, como média nas rações de crescimento, 0,93% de lisina total. Por sua vez, o NRC (1998) recomenda 0,95% de lisina para suínos de 20 a 50 kg de peso vivo (GASPAROTTO, 2001).

Em relação as aves de postura, uma das formas de incrementar a lisina na dieta das mesmas é através da adição de proteína na dieta das aves, entretanto é necessário um planejamento para que não ocorram problemas relacionados com o excesso proteico. Segundo BARBOSA et al (1999) a proteína da ração é o que mais onera seus custos. A utilização da proteína depende de vários fatores, entre eles, a composição aminoacítica e a digestibilidade de seus aminoácidos. A formulação de ração com base apenas na proteína bruta pode induzir à subestimação ou superestimação do conteúdo de aminoácidos da ração e, assim, reduzir o desempenho dos animais, além de onerar os custos da ração.

Atualmente o conceito de proteína ideal é considerado o mais apropriado para balancear os aminoácidos das dietas, referindo-se ao fornecimento “exato” de aminoácidos, capaz de prover sem excesso ou falta às necessidades de todos os aminoácidos essenciais, expressando-os como porcentagem da lisina (HAN & BAKER, 1994; KIDD et al., 1997) apud DE ARAÚJO (2012).

Mesmo que uma dieta proteica forneça uma boa quantidade de lisina para os animais, atualmente a lisina pode ser isolada e fornecida aos animais por meio de compostos com aminoácidos. Segundo Silva et al (2000) apud De Araújo (2012) a formulação de rações com base em aminoácidos digestíveis tem se consolidado na nutrição animal, representando avanço em relação à formulação de rações com base em aminoácidos totais, em virtude da maior segurança dos resultados nos ensaios, com deposição de proteína mais eficiente a custo mais baixo (SILVA et al., 2000 apud DE ARAÚJO, (2012).

## 4. CONCLUSÃO

Considerando-se os fatores pesquisados pode-se concluir que a lisina é um aminoácido essencial na dieta de monogástricos, em especial suínos, aves de corte e postura.

A importância da mesma se dá pelo fato ser um aminoácido que não é sintetizado pelos animais nas quantidades necessárias para participar de todas as funções metabólicas que a mesma é necessária dentro dos organismos. Portanto, este importante aminoácido deve ser fornecido aos animais por meio da dieta, sendo importante tanto do ponto de vista de eficiência produtiva quanto econômica.

## 5. REFERÊNCIAS

BARBOSA, Breno Augusto Campolina(1999) et al. Exigência Nutricional de Lisina para Galinhas Poedeiras de Ovos Brancos e Ovos Marrons, no Segundo Ciclo de Produção. 2. Características Produtivas. Rev. bras. zootec., v.28, n.3, p.534-541, 1999.

BERTECHINI, Antônio Gilberto. Nutrição de Monogástricos. – Lavras: Editora UFLA/FAEPE, 2004.

DE ARAÚJO, José Anchieta (2012). MODELAGEM DAS EXIGÊNCIAS DE LISINA PARA AVES DE POSTURA EM CRESCIMENTO. JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL Julho de 2012.

DE SIQUEIRA, Jefferson Costa et al. Níveis de lisina em rações para frangos de corte determinados com base em uma abordagem econômica. R. Bras. Zootec., v.40, n.10, p.2178-2185, 2011.

GASPAROTTO, Luiz Fernando. Exigência de Lisina, com Base no Conceito de Proteína Ideal, para Suínos Machos Castrados de Dois Grupos Genéticos, na Fase de Crescimento. Rev. bras. zootec., 30(6):1742-1749, 2001.

GONÇALVES, Mayara Rosa. Adição de lisina na dieta de aves e suínos. 2013. Disponível em biosan.ind.br.

JENOVA, Jansller Luiz et al. Aminoácidos limitantes na nutrição de suínos. Vol. 14, Nº 05, set./out. de 2017, ISSN: 1983-9006. www.nutritime.com.br.

JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J.H.V.; SILVA, E.L. et al. Exigências nutricionais de lisina para poedeiras semipesadas. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2003, Santos. Trabalhos de Pesquisa... Santos: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2003. p.61.

MOREIRA, Ivan et al . Exigência de Lisina para Machos Castrados de Dois Grupos Genéticos de Suínos na Fase de Terminação, com Base no Conceito de Proteína Ideal. Rev. Bras. Zootec., Viçosa, v. 31, n. 1, Fev. 2002 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000100011&lng=en&nrm=iso>.

NEUPOMUCENO, Giane Lima. Alta produção com a utilização de lisina na dieta para aves e suínos. Universidade Federal de Lavras. 2016.

OLIVEIRA, B.L. 1992. Pontos críticos do manejo de poedeiras. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 5, 1992, Santos. Anais...Campinas: FACTA, p.137-144.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI

# Agronomia e Engenharia Agrícola: Irrigação

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# IRRIGAÇÃO DE PIMENTA BIQUINHO (*Capsicum chinese* L.) POR GOTEJAMENTO

**Matheus Marcon Pertile**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mails: matheus-pertile@hotmail.com

**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mail: p.sergio.r@uol.com.br

**Raquel Paula Lorensi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mail: raquelorensi@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo neste trabalho foi avaliar a produtividade de pimenta biquinho em função do manejo do sistema de irrigação por gotejamento. Para a implantação do experimento foram utilizadas mudas contendo seis folhas definitivas. As mudas foram plantadas em vasos com capacidade volumétrica para 10 L. Os tratamentos foram constituídos por três lâminas de água, a saber: 4.4; 5.4 e 7.5 L por minuto. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 15 repetições, sendo a unidade experimental um vaso plástico com capacidade de 10 L contendo uma planta. A colheita foi realizada durante o período de 13 de março de 2018 a 29 de maio de 2018. Em cada colheita foi avaliado o número de pimentas produzidas por planta, peso médio da pimenta, altura da pimenta e diâmetro. Observou-se efeito significativo do fator lâmina de água para as variáveis peso e altura da pimenta. Quanto a variável peso médio da pimenta, o tratamento com maior lâmina de água contribuiu para obtenção de pimentas de maior peso (1,74 g) em relação ao tratamento controle (1,51 g). As pimentas provenientes das plantas que receberam a maior lâmina de água apresentaram menor altura (20,90 mm), quando comparado com aquelas do tratamento controle (22,58).*

***Palavras-chave****: Sistema de irrigação; capsina; gotejo*

## 1. INTRODUÇÃO

As espécies de pimentas e pimentões do gênero Capsicum são originárias das Américas e já eram consumidas há mais de 7.000 anos no México. Durante o descobrimento do Brasil, observou-se que algumas tribos indígenas utilizavam a pimenta moída misturada às cinzas como eficiente método de conservação de sementes de outras espécies tradicionalmente cultivadas (CARVALHO et al., 2006).

O negócio de pimentas é um importante segmento do mercado agrícola brasileiro, com forte expressão na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. São consumidas de diversas formas, mas principalmente frescas (in natura), em molhos líquidos, em conservas e desidratadas. O Brasil produz atualmente em torno de quarenta mil toneladas de pimentas, obtidas em cerca de dois mil hectares espalhados por quase todas as regiões. Os Estados brasileiros maiores produtores são: Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (CARVALHO et al., 2006).

Vários são os sistemas que podem ser utilizados para a irrigação da cultura de pimentas, contudo a escolha deve ter como base a análise de vários fatores, tais como: tipo de solo, topografia, clima, custo do sistema, uso de mão-de-obra e energia, incidência de pragas e doenças, rendimento da cultura, quantidade e qualidade de água disponível.

A agricultura brasileira e mundial vem se desenvolvendo devido às inovações de diversas tecnologias que abrangem todos os sistemas produtivos. A irrigação, principalmente os sistemas de irrigação localizada, vem sendo responsável por este desenvolvimento promovendo um aumento significativo na produção e produtividade agrícola com um consumo de água menor que os outros métodos de irrigação.

O sistema de irrigação localizada apresenta inúmeras vantagens, sendo a capacidade de campo que é responsável por armazenar maior quantidade de água pelo solo sem ocorrer drenagem por gravidade, além disso, a economia de mão-de-obra, pois se trata de sistemas fixos, quando comparados com os sistemas convencionais de irrigação por aspersão e por

superfície. Adaptam-se a diferentes tipos de solos e topografia e apresentam maior eficiência no controle fitossanitário, por não irrigar ervas daninha e não molhar a parte aérea dos vegetais, o que reduz a incidência de patógenos nas folhagens e frutos, minimizando os gastos com herbicidas, inseticidas e fungicidas (SILVA et al., 2005).

Apesar da grande demanda do mercado, são poucas as cultivares da pimenta biquinho disponíveis e programas de melhoramento devem ser estabelecidos visando obtenção de 11 novos cultivares (HEINRICH et al., 2015). Sendo assim, a agricultura brasileira e mundial vem se desenvolvendo devido às inovações de diversas tecnologias que abrangem todos os sistemas produtivos. Em relação aos sistemas de irrigação localizada, o qual é responsável por destacar-se no aumento significativo na produção, com menor consumo de água que os outros métodos de irrigação (OLIVEIRA et al., 2015).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a implantação do experimento foram produzidas mudas de pimenta biquinho, foram semeadas duas sementes por célula da bandeja contendo substrato vegetal comercial. Após a emergência das plantas foi realizado o raleamento visando deixar a planta mais vigorosa. Foram realizadas regas diariamente durante a toda fase de produção da muda. Quando as mudas de pimentas biquinho alcançaram seis folhas definitivas, as mesmas foram transplantadas para vasos de plásticos com capacidade volumétrica para 10 litro de solo adubado conforme o laudo da análise de solo.

Os vasos contendo as plantas de pimenta biquinho foram dispostos sob linhas com gotejadores em um ambiente telado com três linhas, cada uma com 15 vasos. Ao longo do período de condução do experimento foi realizado o controle de pragas por meio de tratamento químico.

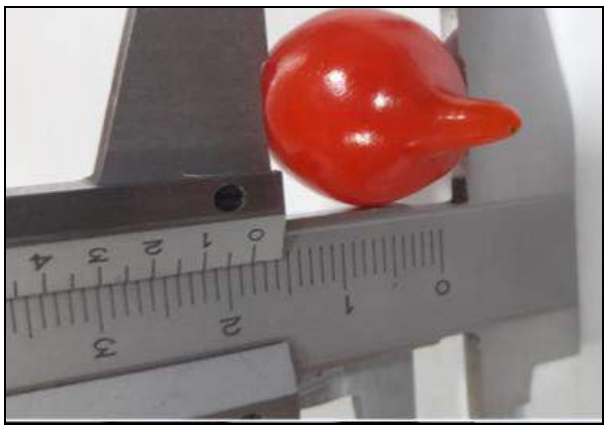
Os tratamentos foram constituídos por três laminas de água, a saber: 4.4; 5.4 e 7.5 L por minuto, as quais foram adotadas do trabalho conduzido por Bolson (2016), que avaliou o efeito da lamina de água na cultura da mesma família (tomate tipo cereja). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quinze repetições, sendo a unidade experimental um vaso plástico com capacidade de 10 L contendo uma planta (Figura 1).

Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nivel de 5% de probabilidade de errro.

Figura 1. Plantas de pimenta biquinho cultivadas em vasos e mantidas sob mangueira de gotejo. URI Campus II, Erechim-RS.

A colheita foi realizada durante o período de 13 de março de 2018 a 29 de maio de 2018. Em cada uma das colheitas foi avaliado o número de pimentas produzidas por planta, peso médio da pimenta, altura da pimenta e diâmetro. A leitura da altura e diâmetro da pimenta foi determinada por meio de paquímetro (Figura 2).

Figura 2. Determinação do diâmetro de pimenta biquinho com o auxílio de paquímetro. Campus II da URI Erechim.



## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se efeito significativo do fator lâmina de água para as variáveis peso e altura da pimenta, porém não houve diferença para as variáveis número de pimenta e diâmetro da pimenta (Tabela 1 e 2). Pode inferir que o número médio de pimenta produzidas por planta não diferiu entre as lâminas de água, especialmente ao tratamento controle, ao fato da quantidade de água fornecida a planta ter sido o suficiente para não promover o abortamento das flores. Pois, de acordo com Filgueira (2009), a falta de água no período de florescimento das plantas poderá acarretar o abortamento das flores e frutos pequenos. No presente trabalho não observou-se o abortamento de flores e frutos pequenos (Figura 10, 11 e 12), exceto em decorrência de chuva intensa.

Tabela 1. Número médio de pimentas biquinho produzidos por planta cultivadas sob diferentes lâminas de água. Erechim, RS, 2018.

| Lâmina de água ( L/minuto) | Número pimenta produzida por planta |
|---|---|
| 4.4 | 41,94 a |
| 5.4 | 46,09 a |
| 7.5 | 49,83 a |

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Diâmetro de pimentas biquinho produzidas por planta cultivadas sob diferentes lâminas de água. Erechim, RS, 2018

| Lâmina de água ( L/minuto) | Diâmetro da pimenta (mm) |
|---|---|
| 4.4 | 20,27 a |
| 5.4 | 13,81 a |
| 7.5 | 13,40 a |

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Quanto a variável peso médio da pimenta biquinho, pode-se observar na tabela 3 que o tratamento 7.5 (maior fornecimento de lâmina de água) contribuiu para obtenção de pimentas de maior peso (1,74 g por pimenta) em relação ao tratamento controle (1,51 g por pimenta). Ainda na mesma tabela verifica-se que não houve diferença no peso médio da pimenta entre o tratamento 5.4 e 4.4, entretanto, a tendência de ganho de peso do fruto com o aumento da quantidade de água por planta foi confirmada estatisticamente ao se comparar o controle com a maior lâmina de água. A media obtida para o peso da pimenta está de acordo com a literatura.

Tabela 3. Peso médio das pimentas biquinho produzidas por planta cultivadas sob diferentes lâminas de água. Erechim, RS, 2018

| Lâmina de água ( L/minuto) | Peso da pimenta (g) |
|---|---|
| 4.4 | 1,51 b |
| 5.4 | 1,62 ab |
| 7.5 | 1,74 a |

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Em relação a altura das pimentas biquinho, pode-se observar os valores variaram entre 20,9 e 22,58 mm. As pimentas provenientes das plantas que receberam a maior lâmina de água apresentaram menor altura (20,90 mm) do que aquelas provenientes do tratamento controle (22,58). Por outro lado, não observou-se diferença entre as médias da pimentas das plantas do tratamento controle (22,58 mm) e as plantas do tratamento 5.4, as quais alcançaram a média de 21,92 mm (Tabela 4).

Tabela 4. Altura de pimentas biquinho produzidos por planta cultivadas sob diferentes lâminas de água. Erechim, RS, 2018

| Lâmina de água ( L/minuto) | Altura da pimenta (mm) |
|---|---|
| 4.4 | 22,58 a |
| 5.4 | 21,92 ab |
| 7.5 | 20,90 b |

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## 4. CONCLUSÕES

Para as condições avaliadas no cultivo da pimenta biquinho, pode-se concluir que o o número de pimentas produzidas por planta não foi influenciado pelo manejo de irrigação. Por outro lado, o peso da pimenta é influenciado positivamente pela quantidade de água fornecida no manejo de irrigação.

## 5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

## 6. REFERÊNCIAS

CARVALHO, S. I; BIANCHETTI. C. B; RIBEIRO, C. S. C; LOPES, C. A. **Pimentas do Gênero Capsicum no Brasil**. Documento 94, Embrapa Hortaliças, 2006, 15p.

FILGUEIRA FAR. 2008. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 3 ed. 421p.

GOMES, G.B. Otimização do uso da água na cultura do tomateiro em ambiente protegido na região de Erechim, RS. In: XXII Seminário Institucional de Iniciação Científica, 2016, Frederico Wetsphalen. **ANAIS…** XXII Seminário Institucional de Iniciação Científica, 2016.

HEINRICH, A.G; FERRAZ, R.M; RAGASSI, C.F; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Caracterização e avaliação de progênies autofecundadas de pimenta biquinho salmão. **Horticultura Brasileira**, v.33, p.465-470, 2015.

OLIVEIRA, E.V; SILVA, J. L. B; PALÁCIO, H. A. Q; SOUZA, J. A. MIRANDA, E. P Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **ANAIS…**CONTECC 2015 – Fortaleza, 2015.

SILVA, C. A; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista científica eletrônica de agronomia**, v.1, n.8, p.1-17, 2005.

1.1.1.1.1

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPARAÇÃO DO MILHO EM SEQUEIRO E IRRIGADO COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO

**Jakson Alexandre May**
**Raquel Paula Lorensi**
**Jardes Bragagnolo**
**Amito Jose Teixeira**
**Mauricio Henrique Berton**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
jaksonmay@hotmail.com; raquelorensi@uricer.edu.br; jardes@uricer.edu.br; amito@uricer.edu.br; maurioberton@hotmail.com

***Resumo**: A adubação nitrogenada e a irrigação são fundamentais para incrementar o rendimento da cultura do milho, onde sendo que o mesmo o mesmo tem sido cultivado com pouco nível tecnológico. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade da cultura do milho (Zea mays L.) sob a complementação da irrigação por aspersão convencional e diferentes doses de nitrogênio na região de Erechim – RS. O experimento foi desenvolvido na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, um bloco sequeiro e o outro com a complementação da irrigação por aspersão em parcelas subdividas em diferentes doses de nitrogênio (N) 0, 90, 135 e 180 kg ha$^{-1}$ e com quatro repetições para cada dose. Durante o ciclo da cultura foi medido a umidade volumétrica do solo, por meio do sensor de umidade, Hidrofarm, e irrigado de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, ou seja, de acordo com o coeficiente da cultura (Kc). A variável quantificada neste estudo foi o rendimento de grãos. A análise estatística foi realizada por meio do programa Sigma Plot 11.0. Os resultados obtidos nos tratamentos não diferiram entre o bloco irrigado e o bloco sequeiro, pois foi um ano com elevadas precipitações. Porém houve diferença nas doses de N, em função dos tratamentos, com resposta linear de produtividade ao incremento da adubação. O complemento da irrigação por aspersão convencional não proporcionou aumento na produtividade do milho..*

***Palavras-Chave:** Irrigação convencional. Adubação nitrogenada. Sensor de umidade. Ciclo da Cultura.*

## 1. INTRODUCÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas de maior importância no Brasil e no mundo. Conforme a FAO (2016), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo a produção nacional na safra 2017/2018 de 87,2 milhões tonelada de grãos, em uma área de 16.381 mil hectares (CONAB, 2018).

A cultura do milho apresenta alto potencial de produção, porém, a produtividade média brasileira é baixa (3.620 kg ha$^{-1}$), quando comparada à da China (5.560 kg ha$^{-1}$) e Estados Unidos (9.660 kg ha$^{-1}$) (AGRIANUAL, 2011). De acordo com Coelho & França (2009), a cultura do milho apresenta grandes diferenças no uso de fertilizantes, entre as várias regiões do País. Ressalta-se, ainda, o cultivo de milho em áreas irrigadas, que permite incrementos na produção, sem aumentar a área cultivada, pois ameniza um dos principais fatores de limitação da produtividade de grãos das culturas, que é a falta de água (CHRISTOFIDIS, 2002).

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais influência na produtividade de grãos e mais onera o custo de produção da cultura do milho (SANGOI & ALMEIDA,1994, SILVA et al., 2005). Por isto, o estudo de fontes nitrogenadas é muito importante para a agricultura, uma vez que estes fertilizantes apresentam comportamento diferenciado, quando aplicados ao solo, em especial para perdas de N (FIGUEREDO et al., 2005). A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil, devido ao seu menor custo, porém, apresenta uma séria limitação, quando aplicada na superfície do solo, devido às chances de perdas por volatilização de $NH_3$.

Contudo, projeta-se diminuição da área cultivada com este cereal no estado do Rio Grande do Sul (RS) (CONAB, 2017), em função da falta de competitividade em relação à soja. Também a disponibilidade hídrica aquém da demanda da cultura do milho frequentemente é responsável por limitar a obtenção de elevadas produtividades. Dessa forma, a utilização da irrigação vem sendo ampliada em lavouras comerciais no país e, principalmente, no estado do RS, o qual possui histórico de instabilidade da produção agrícola em função da variação do regime pluvial, causada pela ocorrência dos fenômenos *El niño* e *La niña*. Conforme Serpa et al. (2012), prolongados períodos de deficiência hídrica durante o

pendoamento e enchimento de grãos, fases fenológicas críticas para a definição do potencial produtivo da cultura, vêm se tornando mais frequentes nos últimos anos.

Dentre os insumos utilizados na produção agrícola, a irrigação e a adubação, destacam-se como práticas extremamente importantes para a exploração racional das culturas agrícolas, sendo fundamentais para a obtenção de bons rendimentos. A quantificação da necessidade hídrica e doses de nitrogênio relacionadas com a produtividade do milho auxiliam o manejo e a adoção de práticas sustentáveis e econômicas para a cultura do milho.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, (Figura 1) município de Erechim, RS, com altitude de 705 metros e clima subtropical úmido (tipo Cfa segundo Köppen, (1931). O tipo de solo no local do experimento é o Latossolo Vermelho Aluminoférrico, tendo como coordenadas centrais longitude de 52°13'53.78"O e latitude de 27°36'41.65"S. O período do experimento, semeadura à colheita, ocorreu do dia 22 de setembro de 2017 até 05 de março de 2018, durante a safra agrícola 2017/2018.

A área do experimento foi dessecada quinze dias antes da implantação do experimento com herbicida Roundup (GLIFOSATO) na dose de 2 L $ha^{-1}$, sendo a cultura anterior, aveia preta consorciada com nabo. Três dias antes da semeadura, foi efetuada mais uma dessecação com o herbicida Gramocil (Paraquate + Diurom) proporcionando o controle de azevém. Para as duas dessecações foi usado o adjuvante Aureo (Éster Metílico de óleo de soja) na dose 0,3%.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, um bloco irrigado, e outro sequeiro (Tabela 1). Cada bloco teve quatro tratamentos e quatro repetições em cobertura com doses de N (0, 90, 135 e 180 kg $ha^{-1)}$.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio, cultivar P 1680 VYH, em diferentes doses de N (kg $ha^{-1}$) em cobertura Erechim, safra 2017/18.

| Tratamento | Doses de N (kg $ha^{-1}$) | Sequeiro/ Irrigado |
|---|---|---|
| T1 | 0 | Sequeiro |
| T2 | 90 | Sequeiro |
| T3 | 135 | Sequeiro |
| T4 | 180 | Sequeiro |
| T5 | 0 | Irrigado |
| T6 | 90 | Irrigado |
| T7 | 135 | Irrigado |
| T8 | 180 | Irrigado |

A semeadura do milho foi realizada no dia 22 de setembro de 2017. Para isso foi utilizado, uma semeadora-adubadora de sete linhas modelo Tatu Marchesan. O espaçamento entre linhas foi de 0,45m, e o estande adotado foi de 78.000 $ha^{-1}$. Foi utilizado 380 kg $ha^{-1}$ de adubo com a formulação NPK 5-20-20. A cultivar utilizada foi P 1680 VYH de ciclo hiperprecose.

Aos 15 dias após a semeadura foi efetuada uma aplicação com o inseticida Connect 800 mL $ha^{-1}$ (Imidacloprido + Beta-Ciflutrina) + Aureo (ÉSTER Metílico DE ÓLEO DE SOJA) 0,3% do volume de calda de 200 L $ha^{-1}$. Após um mês foi efetuada mais uma aplicação com o inseticida Turbo 100 mL $ha^{-1}$(BETA-CIFLUTRINA) + Aureo (ÉSTER Metílico DE ÓLEO DE SOJA) 0,3% e um volume de calda de 250 L $ha^{-1}$.

Realizou-se ainda, 18 dias após a semeadura uma terceira aplicação com o herbicida Finale (GLUFOSINATO - SAL De AMÔNIO) na dose de 1,8 L $ha^{-1}$. As pulverizações da dessecação pós-emergência, e inseticida foram realizadas com pulverizador costal modelo Jacto SP 20 com uma barra de quatro bicos espaçados por 0,5 metros, com pontas de pulverização do tipo leque JSF – 110.02 à pressão de 350 kPa.

A primeira aplicação nitrogenada foi realizada quando a cultura estava no estádio de quatro folhas totalmente expendidas - V4 e a segunda aplicação foi efetuada 22 dias após da primeira no estádios de V7-V8. Cada parcela recebeu a dosagem, equivalente a cada tratamento, sendo dividida em 50% em V4 e 50% em V7-V8. A ureia utilizada continha 45% de N.

A irrigação foi realizada por sistema de aspersão convencional, com um aspersor posicionado na lateral do bloco, cujo raio de alcance de 18 m com uma vazão de 6 mm $h^{-1}$. O manejo da irrigação foi realizado utilizando-se o aparelho

Hidrofarm. As irrigações foram efetuadas de acordo com as necessidades hídricas da cultura, cujo critério, se baseou sempre no momento em que os sensores instalados e calibrados, apresentavam umidade volumétrica inferior a 20%.

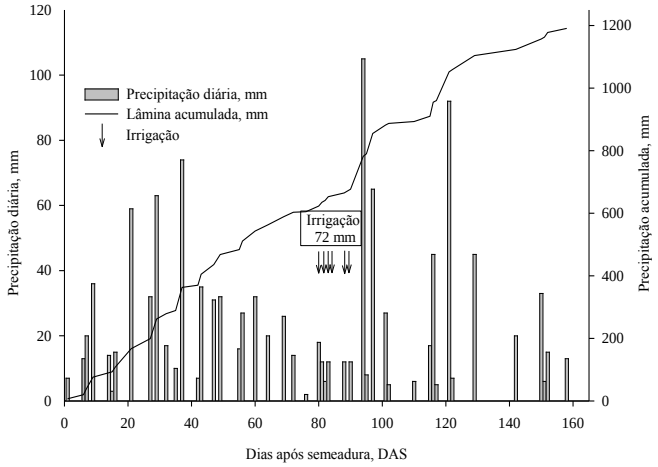
A área útil das unidades experimentais, destinada à colheita de grãos, foi somente as duas fileiras centrais de cada parcela, totalizando uma área de 1,8 m² (0,90 m x 2,0 m). A colheita e, os processamentos dos grãos foram efetuadas manualmente após o encerramento do ciclo da cultura, em seguida foi realizada a pesagem dos grãos, e realizada a conversão dos valores para kg $ha^{-1}$.

A análise estatística foi realizada com auxílio dos programas Sigma Plot 11.0 Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância com dois fatores (ANOVA) para indicar possíveis diferenças entre os grupos e ao teste de Tukey para localizar as diferenças, com nível de significância de 5%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante os 165 dias do cultivo do milho Pioneer P 1680 VYH, não foram observadas diferenças significativas entre o bloco irrigado e o bloco sequeiro, pois foi um ano com altas precipitações, sendo registrado 1191 mm de precipitação acumulada distribuídos ao longo dos 165 dias de cultivo. Segundo Teodoro (2013), a precipitação pluvial tem grande influência na oscilação interanual da produtividade devido a sua irregularidade espaço temporal, e como consequência, causa períodos de deficiência de água no solo e, períodos de saturação de água no solo, durante o ciclo de desenvolvimento das culturas agrícolas. Durante aos 80 a 90 dias do cultivo, foi aplicada uma lâmina de irrigação no total de 72 mm, em plena fase de pendoamento. Aos 94 dias do cultivo houve uma precipitação de 105 mm, porém não resultou em ganhos para a cultura por tratar-se de elevado volume de precipitação.

Gráfico 1. Precipitação diária e acumulada (mm) e complemento da irrigação por aspersão (mm) durante o experimento, Erechim RS, safra 2017/18.




Através da avaliação dos resultados não se observou diferença de produtividade entre o milho irrigado e não irrigado, porém a aplicação de doses de N influenciaram positivamente a produtividade, senso que a maior dose de N obteve produtividade 140% superior a testemunha.

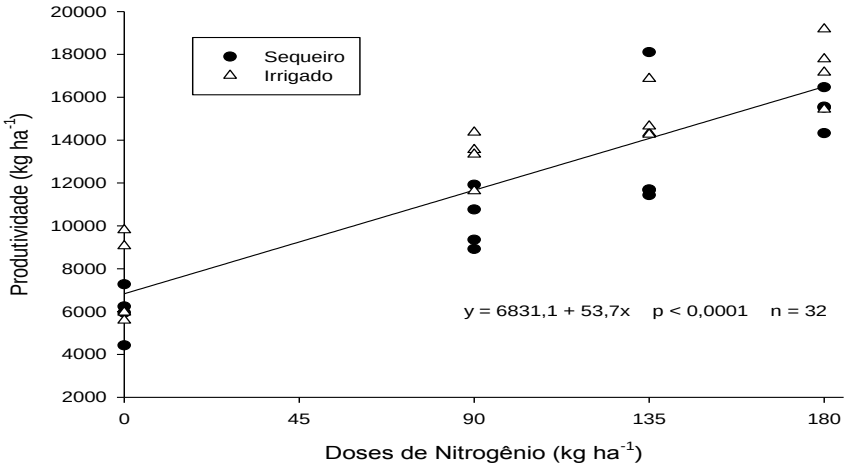
Tabela 2. Rendimento de grãos (kg $ha^{-1}$) de cada tratamento pela diferença das doses de N (kg $ha^{-1}$) em cobertura.

| Doses de N (kg $ha^{-1}$) | Produtividade (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|
| 0 | 6.787,13 c |
| 90 | 11.727,48 b |
| 135 | 14.123,92 ab |
| 180 | 16.426,75 a |

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A avaliação das diferentes doses de N, em função dos tratamentos, verificou-se que as diferentes doses de nitrogênio variaram linearmente com o incremento da adubação (Gráfico 2). Os teores variaram de 0 (testemunha) a 180 g $kg^{-1}$, sendo que somente o resultado do tratamento com 0 kg $ha^{-1}$ de N não se apresentou dentro dos padrões adequados para a cultura do milho.

Gráfico 2. Produtividade (kg ha$^{-1}$), em resposta as diferentes doses em cobertura.




O aumento das doses de N influenciou, positivamente, a produtividade de grãos de milho (Tabela 2), adequando-se à função linear, onde a maior produtividade foi de 16426,8 kg ha$^{-1}$ de grãos, com a aplicação de 180 kg ha$^{-1}$ de N. Produtividades próximas também foram obtidas por Araújo et al. (2004), que, estudando o efeito de doses de N na cultura, verificaram que a aplicação de 240 kg ha$^{-1}$ de N proporcionou assim maior produtividade de grãos.

Neste estudo verificou-se que para a cada 1 kg ha$^{-1}$ de N adicionado houve promoção do aumento de produtividade de aproximadamente 53,7 kg ha$^{-1}$ de grão grãos de milho, estando este valor bem acima do indicado por Dobermann (2005) para a eficiência agronômico, demonstrando ter-se obtido um excelente manejo do N adicionado via adubação mineral, podendo este resultado estar associado a safra agrícola com boa distribuição de chuvas ao longo do período de cultivo.

## 4. CONCLUSÃO

O complemento da irrigação por aspersão convencional não proporcionou aumento na produtividade do milho, quando comparado com o sequeiro, porém a adubação nitrogenada proporcionou um aumento significativo, linear sobre a produtividade de grãos, onde o maior valor encontrado foi na dose de 180 kg ha$^{-1}$ de nitrogênio, que proporcionou uma produtividade de 16426,8 kg ha$^{-1}$.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrianual: Anuário da Agricultura Brasileira. 2011. São Paulo: Agors.

Araújo, L.A.N.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. 2004. Adubação nitrogenada na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 39, n. 8, p. 771- 777.

Christofidis, D. 2002. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de Revista Irrigação &Tecnologia Moderna, Brasília, DF, v. 54, n. 2, p.46-55.

Coelho, A.M.; França, G. E. 2009. Nutrição e adubação do milho. Brasília, DF: Embrapa/CNPMS.

Conab Compania Nacional de Abastecimento). 2018. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2017-2018. 2015. Disponível em:http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_03_11_14_ 07_48_ boletim_graos_marco_2018.pdf. Acesso em: 14 mai. 2018.

Dobermann, A. Nitrogen use efficiency – state of the art. in.: IFA international workshop on enhanced-efficiency fertilizers, Frankfurt, 2005. p.28- 30. Figueiredo, C. C. et al. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.

Pioneer (DuPontPioneer). 2018. Disponível em: http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/p1680vyh. Acesso em: 06 abr. de 2018.

Sangoi, L.; Almeida, M. L. 1994. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 13-24.

Sangoi, L. 2001. Compreender os efeitos da densidade de plantas no crescimento e desenvolvimento do milho: uma questão importante para maximizar o rendimento de grãos. Ciência Rural, Santa Maria, v.31, p.159-168.

Teodoro, I. 2013. Avaliação da evapotranspiração e desenvolvimento da cultura do milho irrigado na região de Rio Largo - AL. Dissertação de mestrado (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Alagoas.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluso neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROJETO DE UM FILTRO AUTOMÁTICO PARA RETIRADA DE FOLHAS DA SUCÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

**Maurício Oberdörfer**
**Marcelo Rakoski**
**Márcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Junior**

Universidade de Passo Fundo, br 285, são josé, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
172006@upf.br; 125450@upf.br; mwalber@upf.br; agenor@upf.br

***Resumo.*** *Sistemas de irrigação por aspersão são importantes ferramentas para garantir a produção de alimentos no Brasil. Várias são as dificuldades enfrentadas pelos usuários, dentre elas destacam-se a presença de contaminação por partículas minerais e orgânicas na água. Afim de garantir a uniformidade na aplicação e consequentemente a produtividade e rentabilidade para o agricultor, é necessário que a água esteja isenta de partículas suspensas que possam obstruir parcialmente ou totalmente os aspersores, necessitando assim da presença de unidades de tratamento ou de filtragem de água. Os sistemas de filtragem utilizados atualmente apresentam um custo significativo e um desempenho relativamente baixo. Através deste trabalho buscou-se, baseado na metodologia de desenvolvimento de produtos, desenvolver um novo sistema de filtragem de água automático para sistemas de irrigação por pivô central, através de sensores de pressão que identifiquem a presença de contaminantes em níveis que possam comprometer a qualidade da irrigação. Sendo assim, através da metodologia proposta pelos autores Pahl e Beitz, serão desenvolvidas as fases de planejamento e concepção. Na primeira serão definidos os principais critérios da lista de requisites, já na segunda, serão definidas a função global e sub funções, chegando a variante de solução e consequentemente a escolha da solução mais pertinente para o sistema de filtragem.*

***Palavras-chave:*** *Filtro, Sistema de Irrigação, Taxa de aplicação de água.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Embrapa (2016) para se ter uma ideia, o Brasil tem cerca de 20 mil pivôs centrais irrigando uma área de 1,275 milhão de hectares, o Brasil está entre os dez países com maior área irrigada no planeta.

Segundo EBC (2013), aproximadamente 70% de toda a água disponível no mundo é utilizada para irrigação, sendo que no Brasil, esse índice chega a 72%. Pelas análises dos últimos relatórios divulgados pela ONU, o uso da água tem crescido a uma taxa duas vezes maior do que o crescimento da população ao longo do último século. A tendência é que o gasto seja elevado em até 50% até 2025 nos países em desenvolvimento, e em 18% nos países desenvolvidos.

A qualidade da água pode interferir no bom desempenho do sistema de irrigação, principalmente, quando a mesma apresenta muitos sedimentos. Como consequência, observa-se a redução da eficiência e da uniformidade da irrigação; entupimentos de tubulações, filtros e emissores; abrasão e corrosão de bombas, tubulações e acessórios metálicos e por fim, aumento dos custos de produção através do aumento da manutenção e redução da vida útil.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Será projetado um protótipo de um filtro para retirada de folhas da água de sistemas de irrigação seguindo a metodologia proposta por Pahl e Beitz no livro Projeto na Engenharia (2005). Ao tomar como base o método de Pahl e Beitz para o desenvolvimento deste trabalho, buscou-se seguir um padrão já consolidado como ferramenta/método de fácil compreensão e aplicação prática. O produto será compatível com equipamentos de irrigação por aspersão de qualquer dimensão e qualquer marca disponível no mercado. O produto será desenvolvido seguindo a metodologia das quatro fases descritas no livro de Pahl e Beitz, e o resultado deste trabalho será a concepção de um protótipo de um produto capaz de solucionar o problema apresentado.

### 2.1 Planejamento

Para a realização do projeto será satisfeita a condição de dois pontos, as exigências que o produto deve ter, e os possíveis desejos do mesmo. Com isso, será elaborada uma lista que demonstra os requisitos que o protótipo deve apresentar. É importante ressaltar que nesta lista não são apresentadas soluções e sim aspectos quantitativos e qualitativos. A lista de requisitos pode ser elaborada a partir de dois métodos, o método da linha mestra e a técnica do cenário. A linha mestra possui uma lista com características principais que devem ser relacionadas com o produto a ser criado, levando em conta vários aspectos que são relevantes para o projeto. Neste projeto foi utilizada a linha mestra que os autores Pahl e Beitz (2005) disponibilizaram em sua bibliografia.

### 2.1.1 Elaboração da lista de requisitos

O Quadro 1 apresenta a lista de requisitos elaborada para o projeto. A lista de requisitos tem como base a função principal do equipamento filtro para retirada de folhas da sucção de sistemas de irrigação, que é fornecer água limpa ao sistema de irrigação.

A lista de requisitos busca identificar as especificações do produto determinantes para a solução do problema. O resultado deste processo é a lista de requisitos. Ela constitui o documento de especificações do produto.

Quadro 1. Lista de Requisitos

| CARACTERÍSTICA PRINCIPAL | E/D | REQUISITOS | RESPONSÁVEL |
|---|---|---|---|
| GEOMETRIA | E | Ter 1 metro de comprimento na seção que será instalada na linha de tubulação | Equipe de engenharia |
| | E | Peso aproximado de 70 kgf | |
| | E | Capacidade de filtragem de 1.000 m³/h | |
| | E | Diâmetro mínimo de 100 mm e máximo de 350 mm | |
| CINEMÁTICA | E | Através do filtro passará toda a água que alimentará o sistema de irrigação | |
| | E | Velocidade máxima da água 2 m/s | |
| MATERIA | E | Entrada de água com folhas e saída de água sem folhas | |
| | E | Perda de carga inferior a 5 m.c.a. | |
| | E | Descartar a sujeira acumulada no elemento filtrante | |
| SINAL | E | Contar com um sensor de pressão do tipo pressostato que enviará um sinal de pressão ao comando elétrico | |
| | R | Sinal de comando de baixa tensão (110 V ou 127 V) | |
| SEGURANÇA | E | Atender a normas de segurança (baixa tensão) | |
| | E | A tubulação da água que será eliminada juntamente com a sujeira do filtro estar fora da casa de máquinas | |
| ERGONOMIA | E | Sistema projetado para não necessitar da intervenção humana | |
| | E | Baixa massa | |
| PRODUÇÃO | E | Fabricação simples | |
| | D | Soldas com acesso fácil para teste com líquido penetrante | |
| CONTROLE DE QUALIDADE | E | Testar todas as soldas com líquido penetrante | |
| | E | Fazer teste de estanqueidade na instalação | |
| | E | Deixar o equipamento em operação por 1 hora e após verificar se não há bicos entupidos | |
| | E | Certificar-se de que a válvula de descarga está abrindo e o motoredutor ligando | |

Quadro 1. Lista de Requisitos (continuação)

| CARACTERÍSTICA PRINCIPAL | E/D | REQUISITOS | RESPONSÁVEL |
|---|---|---|---|
| OPERAÇÃO | E | Testar todos os componentes elétricos e mecânicos antes de iniciar a operação | Equipe de engenharia |
| MANUTENÇÃO | E | Verificação das escovas de limpeza a cada 300 horas ou 6 meses de uso | |
| | E | Verificar o mancal das escovas a cada ano | |
| | E | Desmontar o filtro e fazer a limpeza total antes de iniciar o ano de irrigação | |
| PRAZO DE ENTREGA | D | 60 dias | |
| TRANSPORTE | E | O transporte, carregamento e descarregamento deve ser executado por guincho, usando cintas para erguer o mesmo utilizando olhais de para fixação das cintas | |

A lista de requisitos deve apresentar todas as características que são importantes para que o projeto atinja o objetivo proposto, dar subsídio para o planejamento e concepção do projeto. A elaboração minuciosa da lista de requisites deve dar subsídios para que o projeto do filtro solucione definitivamente o problema da retirada das impurezas presentes na água que alimenta o sistema de irrigação.

### 2.2 Concepção

Segundo Pahl e Beitz, a concepção é a parte do projeto que, após o esclarecimento do problema, por isolamento dos problemas principais, elaboração da estrutura de funções e busca de princípios de funcionamento apropriado e sua combinação na estrutura de funcionamento, define a solução preliminar.

#### 2.2.1 Concepção do Produto

Na concepção define-se a solução preliminar, o princípio de solução. Estando esclarecido o problema, com base na lista de requisite, e com o auxílio da análise de funções, identifica-se a função global, montada a estrutura de funções, parte-se para a análise de solução para as funções, onde soluções para cada função serão selecionadas (Figura 1).

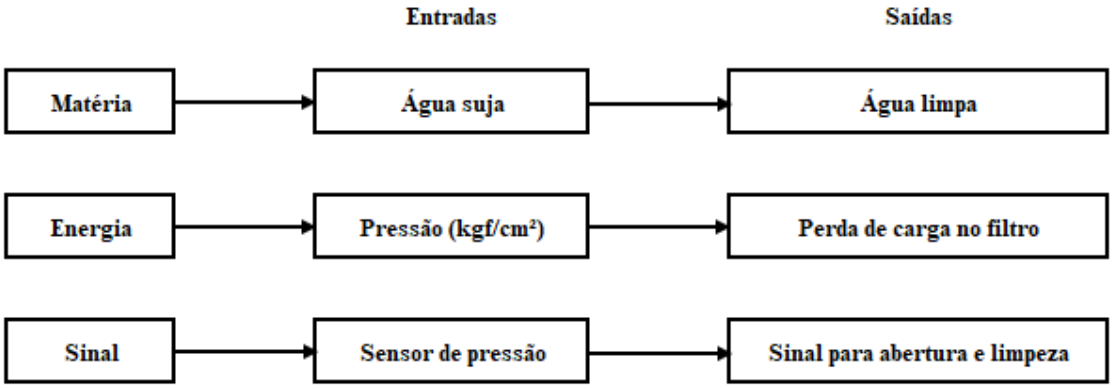



Figura 1. Relação de entradas e saídas

Feita a análise de entradas e saídas, a função global que é fornecer água limpa ao sistema de irrigação, será esclarecida. A função global pode ser desdobrada em sub funções reconhecíveis, às quais corresponderão sub tarefas dentro da tarefa global. A interligação compatível e lógica de sub funções na função global conduz à estrutura de funções que deve atender a função global. Pode-se ver a relação das funções na Figura 2.

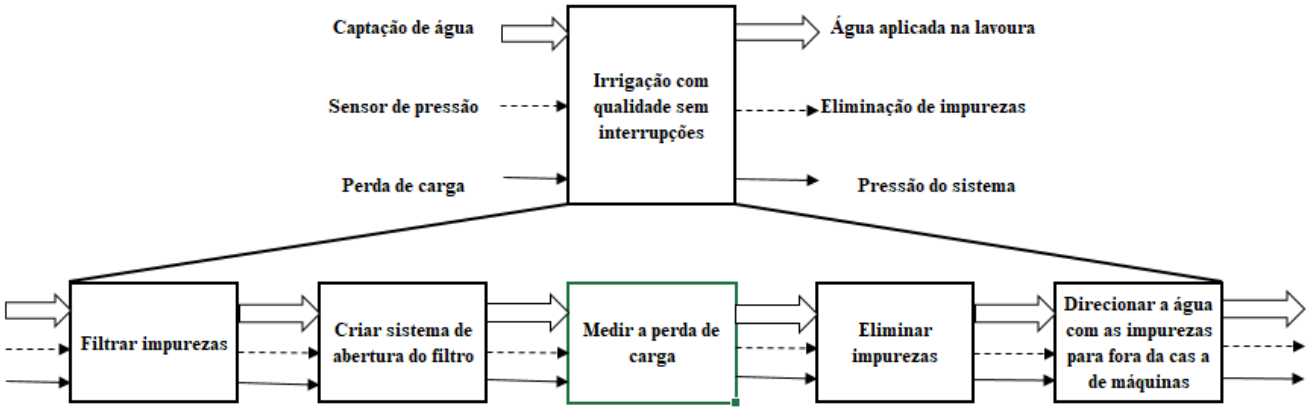



Figura 2. Estrutura de funções

### 2.2.2 Principio de solução

A próxima etapa é fazer o esboço das soluções possíveis para cada função. Como auxiliar na escolha dos princípios de solução será utilizada o quadro de análise de solução para as funções, onde estão apresentadas as possíveis soluções para cada função, apresentadas no Quadro2.

Quadro 2. Quadro de análise de solução para as funções

| | Soluções | | |
|---|---|---|---|
| Função | Solução 1 | Solução 2 | Solução 3 |
| Filtrar | Filtro de Areia | Filtro Ato Limpante | Filtro com elemento filtrante perfurado |
| Sistema de abertura do filtro | Registro manual | Válvula elétrica | Válvula hidráulica |
| Medir a perda de carga | Manualmente | Eletronicamente | Eletricamente |
| Eliminar impurezas | Somente com a força da água | Com escovas para ajudar na limpeza | Com ar comprimido |
| Direcionar a água com impurezas para fora da casa de máquinas | Com calha metálica | Com tubulação metálica | Com tubulação de PVC |

Com base nas possibilidades apresentadas no Quadro 2, e atendimento da lista de requisitos, segurança, custo, produção e operação simples, foi possível chegar a 3 listas de soluções possiveis, analisando o conjunto de soluções possíveis para cada função, considerando os aspectos já citados, a solução mais adequada foi selecionada:

- **Filtrar:** Filtro com elemento filtrante perfurado;
- **Sistema de abertura do filtro:** Válvula elétrica;
- **Medir a perda de carga:** Manualmente;
- **Eliminar impurezas:** Com escovas para ajudar na limpeza;
- **Direcionar a água com as impurezas para for a da casa de máquinas:** Com tubulação metálica.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O método abordado por Pahl e Beitz no livro Projeto na Engenharia, deu subsídios para a elaboração deste trabalho, as fases de planejamento e concepção já foram desenvolvidas. A terceira fase, o anteprojeto, entende-se por metodologia de anteprojeto de um projeto técnico que, partindo da estrutura de funcionamento ou da solução básica, constrói de maneira clara e completa a estrutura do produto segundo critérios técnicos e econômico, ou seja, o anteprojeto é a definição da configuração de solução.

Com base na lista de requisitos, e nas soluções escolhidas na análise de solução para as funções, projetou-se um protótipo do projeto proposto, e que está apresentado na Figura 3.

A metodologia proposta por Pahl e Beitz auxiliou para que a análise do projeto fosse mais ampla, permitindo que todas as informações relevantes referentes ao projeto ficassem documentadas, reduzindo assim a margem de erro.

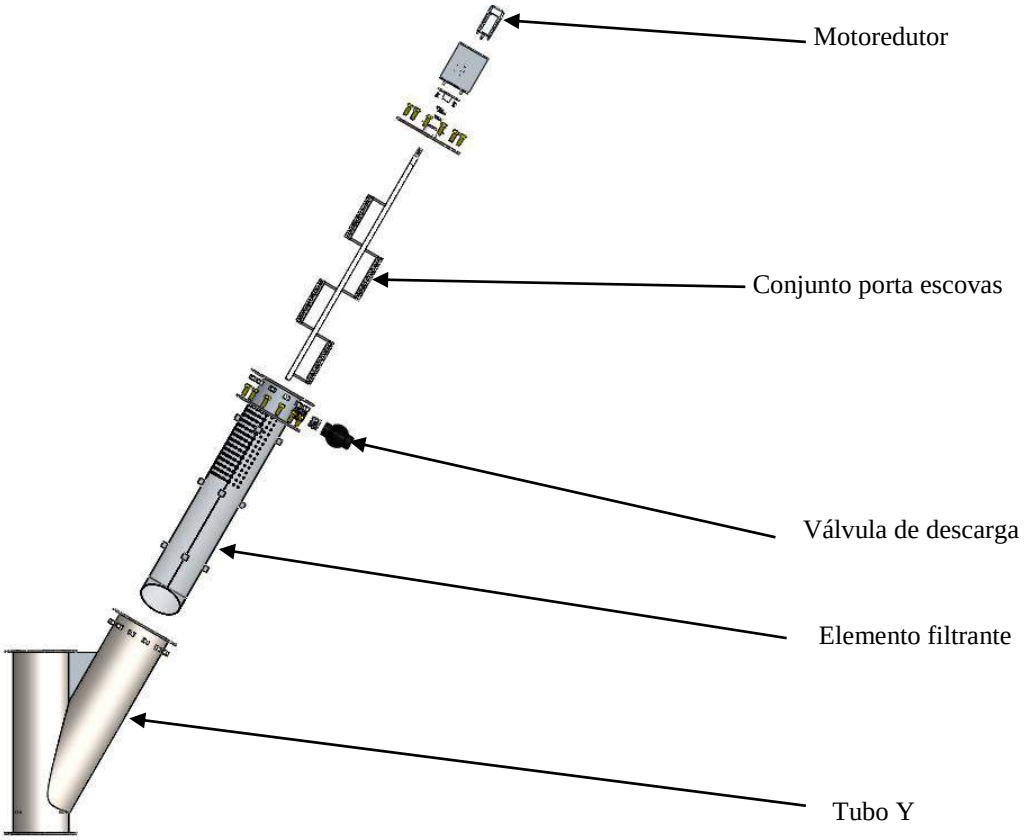



Figura 3. Esboço de princípio de solução

## 4. CONCLUSÕES

O trabalho foi executado procurando seguir a orientação da literatura, elaborando um projeto conceitual, de baixo custo e simples de ser executado, com o mínimo de peças, visando sempre atender a função global, sem esquecer a operação e manutenção do equipamento, para que o técnico que no dia a dia opera o equipamento tenha condições de executar a operação e a manutenção preventiva, identificando problemas potenciais sem necessidade de uma análise complexa. Com o auxílio da metodologia de Pahl e Beitz Projeto na Engenharia, foi possível desenvolver o projeto visando sempre atender a uma demanda existente, sem desviar da função global, criando o conceito de um produto que resolva um problema existente, criando ferramentas para ajudar o cliente na sua tarefa diária de irrigar a sua lavoura, solucionando o problema e liberando o técnico para executar outras atividades. Com orientação e treinamento, o cliente pode programar as suas atividades para que o mínimo de eventos não programados afetem a sua rotina. Procurou-se desenvolver um conceito que possa ser aplicado a qualquer equipamento de irrigação por aspersão, porém, corretamente dimensionado para a vazão específica deste equipamento.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pahl, Gerhard., Beitz, Wolfgang., Feldhumsem, jörg e Grote, Karl H. Projeto na Engenharia. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

EMBRAPA. Brasil está entre os países com maior área irrigada no mundo. Disponivel em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/12990229/brasil-esta-entre-os-paises-com-maior-área-irrigada-do-mundo.

EBC. Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo. Disponível em: <http://www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo>. Acessado em: 28 mai. 2018.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações apresentadas no artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CULTIVO DE BRÓCOLIS COM DIFERENTES DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO EM ESTUFA

**Raquel Paula Lorensi**
**Alex Sandro Sartori**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI Campus de Erechim
RS-331, Km 1, n° 345, Erechim - RS, 99700-000
raquelorensi@uricer.edu.br e alex.sartori@hotmail.com

**Julio Cesar Brancher**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI Campus de Erechim
RS-331, Km 1, n° 345, Erechim - RS, 99700-000
juliobrancher@uricer.edu.br

**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI Campus de Erechim
RS-331, Km 1, n° 345, Erechim - RS, 99700-000
rocha@uricer.edu.br

**Maurício Henrique Berton**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI Campus de Erechim
RS-331, Km 1, n° 345, Erechim - RS, 99700-000
mauricioberton@hotmail.com

**Josieli Fatima Vesoloski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI Campus de Erechim
RS-331, Km 1, n° 345, Erechim - RS, 99700-000
josy_vesoloski@hotmail.com

**Cassiara Fatima Bez**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI Campus de Erechim
RS-331, Km 1, n° 345, Erechim - RS, 99700-000
cassi.bez@gmail.com

***Resumo.*** *O objetivo deste trabalho foi de avaliar o crescimento vegetativo da cultura de brócolis cultivar Legacy com diferentes dosagens de composto orgânico, com irrigação por gotejamento em ambiente protegido. O composto utilizado foi produzido em uma composteira, sendo acrescentado em diferentes dosagens para cada tratamento: 0; 50; 100; 200g por vaso. Observou-se por meio da análise da variância que o fator utilizado para o experimento (dose do composto orgânico) não apresentou um efeito significativo para o número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa seca das raízes e comprimento das raízes. A altura da planta apresentou comportamento linear decrescente à medida que o composto orgânico teve um aumento de dosagem. Para a variável diâmetro do caule teve um comportamento crescente à medida que foi aumentado as dosagens de composto orgânico. A lâmina de água total aplicada durante o ciclo de cultivo foi de 219, 28 mm, sendo a menor lâmina na fase 4 e a maior na fase 2.*

***Palavras chave:*** *cultivo orgânico, cultivar Legacy, desenvolvimento vegetativo.*

## 1. INTRODUÇÃO

O brócolis é uma das hortaliças, sendo que no Brasil a sua introdução é recente e seu cultivo está aumentando gradativamente nestas últimas décadas. Seu consumo tem apresentado um incremento expressivo devido ao seu valor nutritivo, onde a maioria dos consumidores é atraída pelos aspectos visuais da hortaliça onde possa ser consumido de forma in natura, este podendo ser processado em pedaços mínimos e após isto ser congelado, podendo assim, aliar-se a um preparo rápido e fácil com outros alimentos (Schiavon Jr., 2008)

A cultura do brócolis necessita de nitrogênio, fósforo e potássio em grande quantidades, e em situações onde o fornecimento desses nutrientes sejam baixos e o crescimento vegetativo da planta seja reduzido. Dentre estes nutrientes, o nitrogênio e o potássio são os que mais influenciam na produção desta brássica. O nitrogênio é responsável para o desenvolvimento rápido e vigoroso da inflorescência do brócolis, estando diretamente relacionado ao seu bom crescimento, onde o fósforo é o macro nutriente absorvido em menor quantidade da planta (May et al., 2007).

A couve-flor e brócolis possuem uma exigência em micronutrientes como o caso do molibdênio, boro e entre outros, sendo assim, a disponibilização destes elementos se torna fundamental e adequada para se garantir que as plantas sejam sadias e produtivas (May et al., 2007; Vidigal et al., 2007). A deficiência de boro nas brássicas causa uma coloração escura em sua inflorescência e na formação de talo oco (Pizetta et al., 2005; May et al., 2007; Vidigal et al., 2007).

Para a agricultura orgânica, uma grande parte da energia que se é proveniente dos microrganismos, plantas e de esterco, e denominado de aporte cultura biológico. A compostagem orgânica tem um grande aporte para se ter uma forma de energia biológica, onde estes nutrientes deste sistema proporcionam uma estabilidade para vários tipos de vegetais (Gliessman, 2000).

Uma das características do composto orgânico é de liberar uma graduação de Nitrogênio Mineral para o solo. Mais de 90% do Nitrogênio Total que se situa no composto orgânico está em forma orgânica (Amlinger et al., 2003).

O material orgânico após passa pelo processo de compostagem libera nutrientes em uma taxa menor do que os fertilizantes minerais (Castellanos e Pratt, 1981), diminuindo-se assim o risco de perdas eventuais, podendo assim ter uma limitada produção de culturas hortaliças. A utilização do composto orgânico em produção de olerícolas resulta em efeitos mais diversos e complexos do que a sua aplicação de fontes naturais altamente solúveis. Embora hoje seja a utilização crescente na produção orgânica de hortaliças e olerícolas, os resultados obtidos de crescimento e a produção ainda são poucos conhecidos (Souza e Rezende, 2003).

Para se ter uma qualidade melhor e uma produtividade elevada do brócolis, é necessário realizar adubações entre os minerais essenciais, destacando-se o fósforo, o nitrogênio e o potássio, onde estes possuem uma demanda em grande quantidade para a planta e assim devem ser fornecidas em doses compatíveis as exigências da cultura. Em situações na qual o fornecimento é baixo, o crescimento da planta ira ser reduzido. Devido as suas características muitas vezes os produtores têm utilizado sem terem um critério apropriado para este tipo de adubação as quantidades mais diversas destes nutrientes (Oliveira, 2014).

Em relação à adubação, o nitrogênio e o potássio possuem uma demanda em grande quantidade, tanto na eficiência quanto ao excesso de nutrientes onde estes poderão causar distúrbios fisiológicos, assim, a mesma terá a sua qualidade afetada (Schiavon Jr., 2008). Para se obter uma produtividade e um tamanho de cabeça de diversas cultivares de brócolis, deverá se ter um aumento do incremento da dose de nitrogênio aplicada (Gorsk; Amstrong, 1985; Schiavon Jr., 2008).

De acordo com Feller e Fink (2005), salienta que a necessidade de nitrogênio para a cultura do brócolis seja de 300 a 465 kg $ha^{-1}$.

Além da adubação, outra prática que se deve utilizar no cultivo das brássicas é a irrigação, onde esta deve ser feita de maneira que seja adequada para atender a demanda hídrica da cultura (May et al., 2007).

A cultura do brócolis possui uma grande sensibilidade ao déficit hídrico, sendo indispensável o controle e a quantidade de água a ser aplicada ao longo do seu ciclo de cultura, de modo que possa evitar prejuízos. A necessidade hídrica desta cultura dependerá de vários aspectos, tais como: a fase da cultura, o espaçamento entre as plantas, o índice de área foliar, entre outros aspectos referentes à cultura. (May et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o desenvolvimento vegetativo da cultura do brócolis com diferentes dosagens de composto orgânico com irrigação por gotejamento em ambiente protegido.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na área das estufas de produção experimental, do Departamento de Ciências Agrárias, da Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões- Campus II, Erechim-RS, que está localizada em uma altitude de 760m acima do nível do mar, situado a 27°37’46’’ latitude Sul e 52°16’33’’ longitude Oeste. O clima desta região é do tipo Cfa, segundo a classificação climática de Koppen. O solo predominante nesta região é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico Húmico.

Para a condução do experimento foram utilizadas mudas de brócolis cultivar Legacy apresentando quatro folhas definitivas. As mudas foram transplantadas para um vaso com capacidade de 10 L. Em cada vaso foram adicionados adubação base com três parte solo de mata (volume/volume), duas partes de substrato organo vegetal (volume/volume), e uma parte de cama de aviário (volume/volume). O composto orgânico foi produzido em uma composteira da URI Erechim, onde se acrescentou em cada um dos tratamentos com diferentes dosagens.

A área da estufa, onde foi implantado o experimento, possui 42,5 $m^2$. Os vasos foram mantidos em uma casa de vegetação do tipo capela compreendendo a área total de 125 $m^2$, pé direito de 4 metros de altura e cobertura de agrofilme de 150 micras de espessura.

O composto orgânico foi pesado e homogeneizado no vaso antes do transplante da muda do brócolis cultivar híbrido Legacy. Os tratamentos utilizados foram constituídos por diferentes quantidades de composto orgânico, a saber, (0; 50; 100 e 200 g por vaso).

O balanço hídrico para o cultivo do brócolis foi usado a evapotranspiração da cidade de Passo Fundo conforme tabela 1 da Embrapa Trigo (2015).

Tabela 1. Evapotranspiração de Referência utilizada no experimento

| Evapotranspiração de Referência (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estação | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. | Ano |
| Passo Fundo | 108,1 | 88,6 | 90,9 | 81,0 | 73,3 | 66,7 | 78,6 | 85,3 | 90,7 | 107,5 | 120,4 | 130,5 | 1.121,60 |

Fonte: Embrapa Trigo (2015).

A irrigação utilizada para a cultura do brócolis foi a irrigação por gotejamento sendo esta realizada por gotejadores acoplados em mangueira de polietileno com um espaçamento entre os gotejadores de 0,75 m e vazão correspondente a 2 L $h^{-1}$.

Na tabela 2 encontram-se os valores do coeficiente da cultura (Kc) para cada estádio de desenvolvimento da cultura.

Tabela 2. Duração de dias e valores de Kc para os quatro estádios de desenvolvimento da cultura do brócolis.

| Estádio | Duração (Dias) | Kc |
|---|---|---|
| Inicial (I) | 12 | 0,65 |
| Vegetativo (II) | 33 | 1,05 |
| Florescimento (III) | 36 | 0,95 |
| Maturação (IV) | - | - |

Fonte: Oliveira (2014)

O delineamento utilizado para este experimento foi o Delineamento Experimental Inteiramente Casualizado (DIC), sendo os vasos colocados em quatro linhas de irrigação por gotejamento. As linhas de gotejamento possuem extensão de 10 metros, sendo que seu espaçamento entre linhas é de 1,00m, 0,38 m entre vasos e 0,75 m entre gotejadores. Cada linha continha 8 vasos totalizando 32 vasos. Foram quatro tratamentos. As dosagens de húmus compreenderam em: T1 (0g), T2 (50g), T3 (100g) e T4 (200g).

Após o período de 90 dias, as plantas foram removidas dos vasos e as mesmas foram realizadas as variâncias de altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, massa fresca parte aérea e raiz, comprimento da raiz e por fim, massa seca da raiz e planta.

A altura da planta foi determinada através da medição de sua parte aérea, partindo do seu colo até o ápice caulinar, onde se encontram as gemas apicais. Os dados obtidos foram expressos em cm, utilizando para isso uma régua graduada

O diâmetro do caule foi determinado utilizando-se um paquímetro, com precisão de duas casas decimais (0,01). Os dados obtidos foram expressos em mm.

As folhas foram destacadas e após, contadas para cada planta. Cada planta de cada tratamento foi pesada em uma balança digital com precisão de três casas decimais (0,001), sendo os seus valores expressos em g $planta^{-1}$.

Para cada planta foram destacadas as raízes dos caules, após, as mesmas foram pesadas em uma balança digital com precisão de três casas decimais (0,001), o seu valor expresso em g $planta^{-1}$. O valor de comprimento das raízes foi determinado partindo do colo até o ápice radicular utilizando uma régua graduada. Os dados obtidos foram expressos em cm.

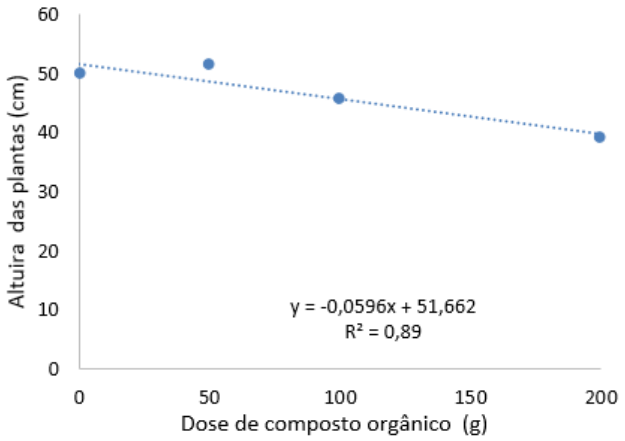
Para a obtenção dos resultados, os materiais foram acondicionados em estufa de ar forçado, com temperatura de 65°C num período de 72 horas ou até atingir peso constante.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se por meio da análise da variância que o fator utilizado para o experimento (dose de húmus) não apresentou um efeito significativo para as variáveis número de folhas, massa fresca parte aérea, massa fresca das raízes e comprimentos das raízes.

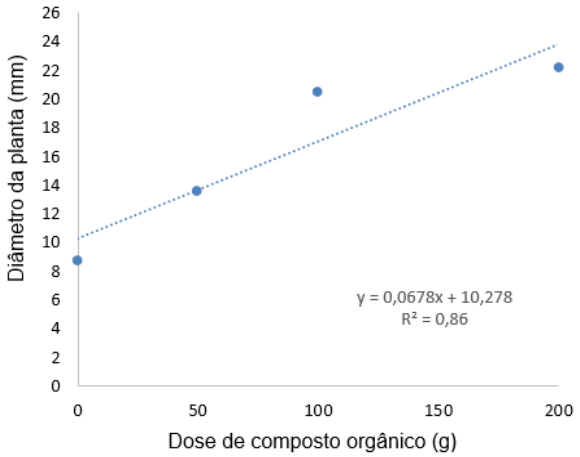
Para a variável altura da planta, pode observar, através da figura 1, uma tendência linear decrescente á media que a concentração de húmus foi aumentada. Esse comportamento pode ser atribuído em resposta ao aumento das doses do composto, podendo ser relacionado com o nível de fertilidade do solo utilizado no experimento (Fig. 1).

Figura 1. Altura das plantas de brócolis cultivar Legacy cultivadas em ambiente controlado com diferentes concentrações de composto orgânico, após 88 dias de cultivo.




Quanto a variável diâmetro do colo da planta e massa seca das raízes, observou-se um comportamento linear crescente a medida que se aumentou a dose de composto orgânico (Fig. 2). Diniz et al. (2008) trabalhando com brócolis cultivar Domador e cinco doses de composto orgânico (5; 10; 15; 20 e 25 t $ha^{-1}$), verificaram que houve uma forte correlação entre o aumento da dose do composto orgânico e a massa seca das raízes, sendo 25 t $ha^{-1}$ aquela que apresentou a melhor resposta.

Figura 2. Diâmetro do colo das plantas de brócolis cultivar Legacy cultivadas em ambiente controlado com diferentes concentrações de composto orgânico, após 88 dias de cultivo.




Neste experimento foi usada apenas uma lâmina de irrigação, 100% da Evapotranspiração da Cultura, para os quatro tratamentos. Na tabela 3 apresentam-se os resultados do período de 88 dias de desenvolvimento vegetativo do brócolis cultivar Legacy. Os resultados apontaram que para todo o período, ou seja, inicial até a maturação, a cultura exigiu um total de 219, 28 mm.

Tabela 3. Quantidade de água usada para cada planta.

| Mês | ETc | | Dias | ETc total mm ciclo $^{-1}$ | L planta $^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fase | mm $d^{-1}$ | | | |
| Março | I | 1,9 | 19 | 36,1 | 2,2 |
| Abril | II | 2,84 | 30 | 85,2 | 5,2 |
| Maio | III | 2,48 | 31 | 76,88 | 4,69 |
| Junho | IV | 2,11 | 10 | 21,1 | 1,29 |
| Total | - | - | - | 219,28 | 13,68 |

## 4. CONCLUSÃO

Para as condições utilizadas neste experimento concluiu-se que a adição do composto orgânico exerceu uma influência no crescimento e desenvolvimento do brócolis.

Nitrogênio, Carbono e Matéria Orgânica do húmus estariam de acordo com os teores exigidos pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Comissão de Química e Fertilidade, podendo assim ser empregado ás demais culturas hortifrutículas.

A lâmina de água total aplicada durante o ciclo de cultivo foi de 219,28 mm, sendo a menor lâmina na fase 4 e a maior na fase 2.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amlinger, F., Götz, B., Dreher, P, Geszti, J. e Weissteiner, C., 2003. Nitrogen in bio waste and yard waste compost: dynamics of mobilization an availability: a review. *European Journal of Soil Biology*, Wageningen, v.39, p. 107-116.

Castellanos, J. Z., Pratt, P. F., 1981. Mineralization of manure nitrogen: correlation with laboratory indexes. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 45, p. 354-357.

Diniz, E. R., Santos, R. H. S., Urquiaga, S. S., Peternelli, L. A., Barrella, T. P., Freitas, G. B., 2008. Crescimento e produção de brócolis em sistemas orgânicos em função das doses de composto. *Ciência e agrotecnologia* 32: 1428-1434.

Feller, C., Fink, M., 2005. Growth and yield of broccoli as affected by the nitrogen content of transplants and timing of nitrogen fertilization. *HortScience*, Alexandria, v. 40, n. 5, p. 1320-1323.

Gliessman, S. R. *Agroecologia processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 653 p.

Gorski, S. F., Amstrong, D. M., 1985. *The influence of spacing and nitrogen rate ond yield and hollow stem in broccoli*. Research Circular, Wooster, v. 288, p. 16-18.

May, A. et al., 2007. *A cultura da couve flor.* Campinas: Instituto Agronômico, (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 200). 36p.

Oliveira, R. M., 2014. *Produção das culturas do brócolis e da couve-flor com diferentes lâminas de irrigação*. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG.

Pizetta, L. C., Ferreira, M. E., Cruz, M. C. P., Barbosa, J. C., 2005. *Resposta de brócolis, couve-flor e repolho á adubação com boro em solo arenoso*. Horticultura Brasileira, v.23, p. 51-56.

Schiavon JR, A.A., 2008. *Produtividade e qualidade de brócolos em função da adubação e espaçamento entre plantas.* Jaboticabal, Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, 67p.

Souza, J. L., Resende, P., 2003. *Manual de horticultura orgânica*. Viçosa: Aprenda Fácil, 564p.

Vidigal, S. M., 2007. (Orgs.) 101 *Culturas - Manual de Tecnologias Agrícolas*. 1 ed. Belo Horizonte MG: EPAMIG.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

**Ronaldo Dal Prá Calgarotto**
**Amanda Avozani**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim, RS
RS 331, Km 1, n° 345, Bairro Demoliner
ronaldo.dalpra@hotmail.com; amandaavozani_dda@hotmail.com

**Raquel Paula Lorensi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim, RS
RS 331, Km 1, n° 345, Bairro Demoliner
raquelorensi@gmail.com

**Jardes Bragagnolo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim, RS
RS 331, Km 1, n° 345, Bairro Demoliner
jardes@uricer.edu.br

**Paulo Sergio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim, RS
RS 331, Km 1, n° 345, Bairro Demoliner
rocha@uricer.edu.br

**Resumo**. *O uso da água na agricultura representa, a nível mundial, cerca de 70% de toda a água doce consumida. Sendo assim a eficiência dos sistemas de irrigação devem ser cada vez maior, necessitando avaliações periódicas da uniformidade de aplicação de água, com a finalidade de observar se as condições de operação e desempenho previstas inicialmente durante a fase de projeto se confirmam em campo. O objetivo do estudo foi avaliar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para um sistema de irrigação por aspersão. Cada teste consistiu na coleta de 100 amostras de lâminas de água distribuídas em quatro quadrantes, com coletores igualmente espaçados. Após a realização das coletas determinou-se o CUC, sendo este o modelo mais difundido para a avaliação de sistemas de irrigação por aspersão convencional. Dentre os fatores que influenciam o CUC destacou-se a velocidade do vento, com valores de 0,07 a 0,29 m* $s^{-1}$ *e respectivos CUC de 92,39 e 93,92%. A temperatura e a umidade relativa do ar, estiveram dentro das características da estação do ano em que os testes foram realizados. Sendo assim, observou-se excelentes coeficientes de uniformidade nos testes realizados com baixa incidência de vento, em horários com temperaturas amenas e elevada umidade relativa do ar.*

***Palavras chave:*** *coeficiente de* ***u****niformidade de Christiansen, velocidade do vento, eficiência do uso da água.*

## 1. INTRODUÇÃO

O uso da água na agricultura representa, a nível mundial, cerca de 70% de toda a água doce consumida, enquanto a indústria utiliza 23% e o abastecimento humano apenas 7% do total (Santos, 1998). Isto demonstra a necessidade dos irrigantes, em usá-la com a maior eficiência possível, face às reservas de água utilizável estarem cada vez mais escassas, especialmente nas regiões onde são mal distribuídas espacial e temporalmente, como na região semiárida do Nordeste brasileiro.

A irrigação é uma técnica milenar que tem como finalidade disponibilizar água às plantas para que estas possam produzir de forma adequada, e fazendo com que as plantas se tornem mais uniformes. As técnicas de irrigação, ao longo dos séculos, vêm sendo muito aprimoradas, pois, quanto mais eficiente o sistema de irrigação menor será o seu consumo de água, luz e outros fatores que fazem com que aumentem os custos de sua implantação, e muitas vezes não se tornarem viáveis.

Para que um sistema de irrigação seja eficiente se faz necessário que este apresente alta uniformidade de aplicação de água, o que leva à necessidade da verificação a eficiência através de avaliações periódicas, com a finalidade de

observar se as condições de operação e desempenho previstas inicialmente durante a fase de projeto se confirmam em campo (Campêlo et al., 2014). Porém, os irrigantes não costumam realizar tais práticas e acabam não utilizando da forma adequada a tecnologia que lhes é disponibilizada, por falta de conhecimento e até mesmo por falta de orientação técnica (Silva e Silva, 2005).

O sistema de irrigação por aspersão vem crescendo significativamente em regiões com relevo mais acentuado, onde dificulta a montagem de pivôs de irrigação (Stone, 2016). Conforme o autor, a irrigação vem como um dos fatores principais na produção agrícola, pois com ela é possível obter produções maiores, mas para isso a irrigação deve ser planejada e dimensionada, para atender as necessidades da cultura durante todo o período de cultivo. Já para Silva et al. (2016) a escassez de água mais corriqueira, independente do fator que o causa, incluindo o volume de utilização, requer sistema a montagem realizado de forma eficiente para que não haja perdas de água ou mal uso da mesma.

A partir da necessidade de se avaliar a eficiência de aplicação do sistema de irrigação alguns métodos foram desenvolvidos com o objetivo de se quantificar essa eficiência, dos quais se pode citar o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), um dos mais utilizados para a determinação da uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por aspersão, sendo importante e decisivo no planejamento e na operação desses sistemas (Bernardo et al., 2009).

Na irrigação por aspersão convencional o sistema precisa ser avaliado após a implantação do projeto, visando verificar se o desempenho está de acordo com o planejamento do projeto, possibilitando se caso necessário, a realização de ajustes para melhorar o seu desempenho e, periodicamente, com o objetivo de avaliar a qualidade da manutenção e do manejo do sistema.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de água para um sistema de irrigação por aspersão convencional na Estação Experimental da URI Campus II de Erechim, RS.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental de Irrigação por Aspersão Convencional do Departamento de Ciências Agrárias, da Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim, RS, que está localizada nas coordenadas geográficas de 27°36’ 41,13” S e 52°13’52,23” W, em uma altitude de 711 m e apresentando clima Cfa conforme a classificação de Koppen. O referido trabalho foi conduzido no mês de maio de 2018.

A metodologia consistiu em um único aspersor, modelo NY 30 da marca Agropolo, que foi instalado no centro da área (Fig. 1). Os coletores foram dispostos em quatro quadrantes e 3m entre si, ao redor do aspersor, seguindo proposta de Mantovani et al. (2006). E para os cálculos de uniformidade e distribuição de água (CUC), foi necessária a sobreposição das lâminas de irrigação. Desta forma, o aspersor foi instalado a 2,05 metros de altura e com espaçamento de 30x30m, de modo a atender as recomendações de irrigação na cultura do milho. A área total irrigada compreendeu 900 m².

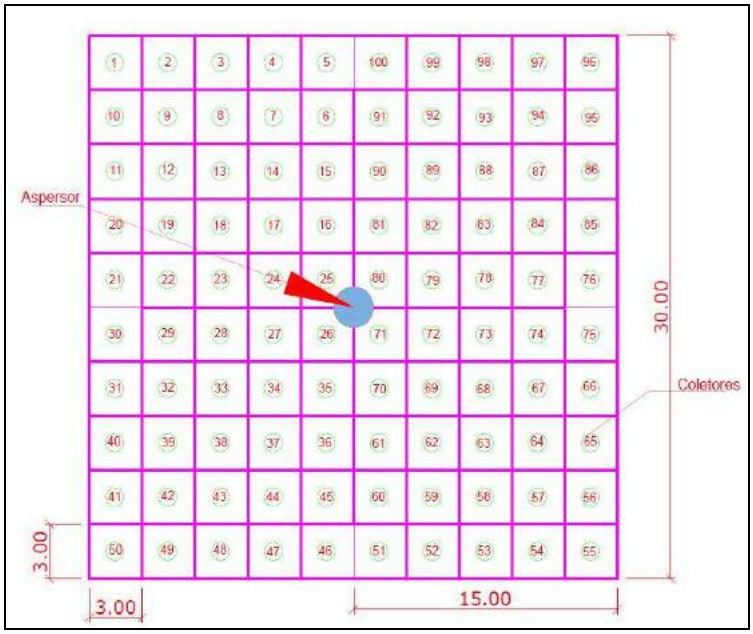



Figura 1. Layout do sistema de irrigação por aspersão convencional com 1 aspersor

O diâmetro do bocal do aspersor utilizado foi de 5,00 x 4,6 mm, longo verde, com vazão do aspersor variando de 2,32 a 2,40m $h^{-1}$ na pressão de 20 a 23 mca. Foi utilizado para a linha de sucção, recalque e linha principal com tubulações de 50 mm de diâmetro, totalizando 67 metros, e para as linhas laterais tubulações com diâmetro de 32mm, totalizando 14 metros. Para a irrigação usou-se água superficial, a qual foi feito o pedido de outorga do direito de uso da água junto ao DRH/SEMA.

Para cada seção de coleta de dados, foi medida vazão dos bocais do aspersor para todas as coletas. Para cada coleta foi necessário no mínimo de 1 hora com o sistema de irrigação ligado, medindo-se assim a velocidade do vento no início e no final do tempo. Essa medição ocorreu por meio do aparelho Anemômetro. Já para os dados de temperatura e umidade relativa do ar, estes formam retirados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018). Foram realizadas as coletas das lâminas de irrigação e também a pressão de serviço no ponto mais baixo e mais alto dentro do sistema de irrigação.

Depois de coletados os dados em campo, que ocorreu durante o intervalo de 20 dias no mês de maio de 2018, em horários com a menor incidência de vento (início da manhã ou final da tarde), foi possível avaliar o CUC do sistema. Para descrever a uniformidade de irrigação utilizou-se o coeficiente de Christiansen (CUC) que é considerado por muitos autores, como Frizzone (1992) e Bernardo et al., (2009), o principal parâmetro para a sua descrição. Diante disso, a equação 1 representa o CUC, a qual analisa a eficiência de um sistema de irrigação.

$$CUC = 100\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} |x_i - \bar{x}|}{n * \bar{x}}\right) \qquad \text{Equação (1)}$$

$CUC =$ Coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

$x_i =$ Precipitação obtida no coletor de ordem i (mL);

$\bar{x} =$ Precipitação média dos coletores (mL);

$n =$ Número de amostras coletadas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram que entre os quatro testes realizados com 1 aspersor instalado na Estação Experimental, o que obteve melhor CUC foi o último teste, realizado no dia 31/05/18, que apresentou 93,92% de uniformidade, enquanto que a menor uniformidade medida foi a do terceiro teste, realizado no dia 23/05/18, com CUC de 92,39%. Para o conjunto de testes realizados verificou-se boa uniformidade com CUC médio de 93,27%, indicando que o sistema testado (Mantovani et al., 2009) está adequado para utilizar em condições semelhantes as avaliadas.

Tabela 1. Dados obtidos na Estação Experimental durante no período de testes do CUC com o aspersor NY 30.

| Data | Hora | | Vel. Vento (m $s^{-1}$) | P.S.* Aspersor (mca) | P.S.* (MB*) (mca) | Diâmetro do bocal (mm) | Nº de aspersor | Nº de coletor | CUC* (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Início | Final | | | | | | | |
| 14/05/18 | 17:27 | 18:27 | 0,22 | 20 | 40 | 5,0 x 4,6 | 1 | 100 | 93,06 |
| 16/05/18 | 17:35 | 18:35 | 0,12 | 20 | 40 | 5,0 x 4,6 | 1 | 100 | 93,72 |
| 23/05/18 | 16:24 | 17:24 | 0,29 | 20 | 40 | 5,0 x 4,6 | 1 | 100 | 92,39 |
| 31/05/18 | 07:55 | 08:55 | 0,07 | 20 | 40 | 5,0 x 4,6 | 1 | 100 | 93,92 |
| Média | | | | | | | | | 93,27 |

*PS= Pressão de serviço; MB = moto bomba; *CUC= Coeficiente de uniformidade de Christiansen.

O teste do dia 31/05/18 foi realizado no início da manhã, quando houve um registro de vento de 0,07m $s^{-1}$ (Fig. 2). Os outros três testes foram realizados no final da tarde, buscando sempre a melhor condição climática, justificando a proximidade das uniformidades encontradas para ventos que variaram entre 0,12 e 0,29 m $s^{-1}$. Estando de acordo com Azevedo et al., (2000), que apresentaram resultados indicando que a velocidade do vento interfere diretamente para a diminuição do coeficiente, ou seja, quanto maior a velocidade do vento menor o CUC. Neste estudo foi possível classificar o vento como calmaria conforme a Escala de Beaufort.

Ainda na tabela 1 pode-se perceber que o sistema apresenta equilíbrio das pressões em 20 mca. A pressão de serviço ficou dentro da faixa do catálogo do aspersor. Este parâmetro promove maior pulverização do jato, reduzindo o diâmetro de alcance e aumentando a deposição de água próximo do aspersor. Quando as pressões estão muito baixas ocorrem os maiores diâmetros de gotas, com isso tem-se o maior alcance do jato e a maior deposição na periferia da área molhada (Frizzone, 2008).

Ao avaliar-se a influência do vento sobre o CUC (Fig. 2), verificou-se uma relação inversa, com excelente ajuste matemático ($R^2$=0,98), desta forma indicando ao irrigante que a influência do vento pode afetar a qualidade de distribuição da água via irrigação por aspersão, justificando a necessidade de irrigação apenas nos horários do dia com menor incidência de vento.

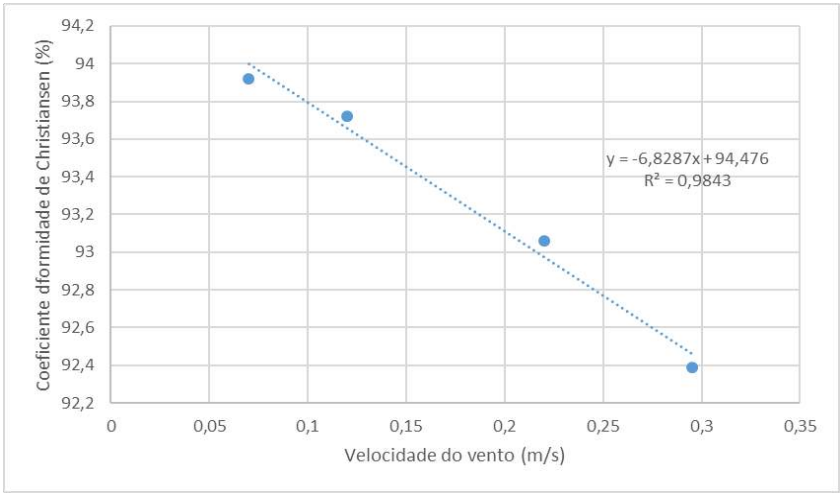



Figura 2. Influência da velocidade do vento (m $s^{-1}$) sobre o CUC (%) para o aspersor NY 30.

Existem outros fatores que podem influenciar o coeficiente, durante as coletas, como a temperatura e umidade relativa do ar (Andrade e Brito, 2006). Na tabela 2, a temperatura e a umidade não apresentaram influência direta sobre os resultados do coeficiente, visto que seus respectivos valores não causaram elevada evaporação superficial. Isto pode estar relacionado a estação do ano, inverno, a qual apresenta baixa evaporação, comparando com as demais estações do ano (Matzenauer et al., 2011), apresentando assim temperaturas amenas e umidade relativa do ar com porcentagens altas na maioria dos dias monitorados.

Tabela 2. Dados da temperatura média e umidade relativa média do ar nos respectivos dias de coleta dos dados.

| Data | Temperatura (º C) | Umidade (%) | CUC (%) |
|---|---|---|---|
| 14/05/18 | 22,4 | 54 | 93,06 |
| 16/05/18 | 17,9 | 85 | 93,72 |
| 23/05/18 | 12,0 | 73 | 92,39 |
| 31/05/18 | 13,0 | 90 | 93,92 |

Fonte: INMET, 2018.

Este resultado corrobora com resultados de Cristhiansen (1942), Keller e Bliesner (1990), Bernardo (1995), Frizzone et al. (2003) e Mantovani et. al., (2009), que indicam que a maior parte das irrigações por aspersão requer um CUC com valor mínimo de 80% para ser considerado aceitável, porém, para culturas de alto valor agregado como o milho estabelece-se valor de referência superior a 88%.

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos em condição de experimento revelaram que o sistema avaliado se mostrou excelente na uniformidade de distribuição de água tendo em vista os coeficientes de uniformidade CUC encontrados, onde o menor foi de 92,39% e o maior 93,92%, com média de 93,27%.

A velocidade do vento teve influência direta dos horários escolhidos para a realização dos testes. A associação de temperaturas amenas com a umidade relativa do ar elevada, na maioria dos testes, minimiza os efeitos da evaporação superficial durante a aplicação.

## 5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Andrade, C.L.T. e Brito, R.A.L., 2006. *Métodos de irrigação e quimigação*. Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, versão eletrônica, 2 ed. p. 1-1. Disponível em: http://ww.cnpms.embrapa.br. Acesso em: 21 Jun. 2018.

Azevedo, H.J., Bernardo, S., Ramos, M.M., Sediyama, G.C. e Cecon, P.R., 2000. Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.4, n.2, p.152-158.

Bernardo, S., 1995. *Manual de irrigação*. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária. 657p.

Bernardo, S., Soares, A.A. e Mantovani, E.C., 2009. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV. 625p.

Campêlo, A.R., Fernandes, C.N.V., Silva, A.R.A., Oliveira, S.R.M., Bezerra, F.M.L., Cândido, M.J.D., 2014. Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária. *Agrotec*,v.35, n.1, p.1-12.

Christiansen, J.E., 1942. *Irrigation by sprinkling*. Berkeley: University of California . 124p.

Frizzone, J.A., 1992. *Irrigação por aspersão*. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural, 53p. Série Didática, 3.

Frizzone, J.A., 2008. Irrigação por aspersão convencional. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural.

Frizzone J.A. e Dourado Neto, D., 2003. Avaliação de sistemas de irrigação. In: Miranda, J.H. e Pires, R.C.M. (Eds.) *Irrigação*. Piracicaba, FUNEP. vol. 2. 703p. (Série Engenharia Agrícola).

INMET, 2018. Instituto Nacional de Meteorologia. Consulta Dados da Estação Automática: Erechim (RS). 1 jun. 2018. <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTgyOA>.

Keller, J. e Bliesner, R.D., 1990. *Sprinkle and trickle irrigation*. New York, Van Nostrand Reinhold. 652p.

Mantovani, E.C., Bernardo, S. e Palaretti, L.F., 2006. *Irrigação: princípios e métodos*. 1. ed. Viçosa: UFV, 318 p.

Mantovani, E.C., Bernardo, S. e Palaretti, L.F., 2009. *Irrigação: princípios e métodos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 355p.

Matzenauer, R., Radin, B., Almeida, R.D., 2011. *Atlas Climático: Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: FEPAGRO, 185 p.

Silva, V.P., Folegatti, M.V. e Duarte, S.N., 2016. Irrigação por aspersão e localizada. 5 fev. 2018. <http://www.agr.feis.unesp.br/curso1.htm>.

Silva, C.A. e Silva, C.J., 2005. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça, n.8, dez.

Santos, J.R.M., 1998. Irrigar é preciso. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, v.18, n.3. p.29-34.

Stone, L.F. 2016. Irrigação por aspersão. AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 25 mar de 2018. <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_37_1311200215102.html>.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo apresentado neste artigo.

CONIGTI

# Agronomia e Engenharia Agrícola: Fruticultura

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ÁCIDO SALICÍLICO E EXTRATOS VEGETAIS INDUZEM RESISTÊNCIA À PODRIDÃO MOLE EM PÓS-COLHEITA DE MORANGO

**Francine Falcão de Macedo Nava**
Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, RS, Brasil.
francine.f.m@hotmail.com

**Francine Spitza Stefanski**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
francinestefanski@hotmail.com

**Ediane Roncaglio Baseggio**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. Pato Branco, PR, Brasil.
edianerbaseggio@gmail.com

**Sérgio Miguel Mazaro**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. Dois Vizinhos, PR, Brasil.
sergio@utfpr.edu.br

**Denise Cargnelutti**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
denise.cargnelutti@uffs.edu.br

**Paola Mendes Milanesi**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
paola.milanesi@uffs.edu.br

***Resumo.*** *O morango é um fruto múltiplo suscetível a inúmeras doenças e, por isso, o uso de agrotóxicos é massivo. Pelo fato dos consumidores desejarem produtos livres de agrotóxicos, a indução de resistência é uma importante ferramenta, visto que extratos de plantas atuam como elicitores de mecanismos de defesa na planta. Objetivou-se avaliar respostas de indução de resistência em morangos contra a podridão mole (Rhizopus stolonifer), após aplicação de concentrações de extratos aquosos (EA) de gengibre e orégano e ácido salicílico (AS). Respostas de resistência foram determinadas pela quantificação de açúcares totais e redutores, concentração de proteínas, atividade enzimática de fenilalanina amônia-liase (FAL), superóxido-dismutase (SOD) e quitinase. Todas as concentrações dos extratos atuaram de alguma forma na indução de resistência. O AS e o EA de gengibre a 15% foram os tratamentos em que houve maior expressão das enzimas quitinase e SOD, acompanhados da baixa concentração de proteína. Já a FAL apresentou maior atividade quando aplicado o EA de orégano a 20%, acompanhado da baixa concentração de açúcares redutores. Sendo assim, o AS e extratos de gengibre (15%) e orégano (20%) podem servir como uma ferramenta de controle de R. stolonifer em morangos por elicitar rotas vinculadas à indução de resistência.*

***Keywords:*** *controle alternativo, defesa vegetal, enzimas, resistência induzida, Rhizopus stolonifer.*

## 1. INTRODUÇÃO

Devido a grande quantidade de propriedades nutracêuticas e ao aroma e sabor agradáveis, o morango (*Fragaria x ananassa*) é amplamente aceito pelos consumidores. No entanto, os frutos são suscetíveis a perdas em pós-colheita, em virtude da elevada taxa de respiração e ao ataque de fungos, tais como *Rhizopus stolonifer*. A presença desse patógeno é caracterizada pela mudança na cor da infrutescência, seguida de podridão mole e aquosa (Amorim e Pascholati, 2011). Estes sintomas são a expressão de uma desintegração avançada do tecido que, em condições favoráveis, podem ocasionar perdas severas em pouco tempo (Agrios, 2005).

A agressividade do agente etiológico da podridão mole (*R. stolonifer*) aliado à suscetibilidade da cultura, gera aumento no número de aplicações de agrotóxicos. Em contrapartida, a perspectiva do mercado consumidor exige alimentos livres de resíduos, uma vez que a intensa utilização de agrotóxicos, além dos danos à saúde, pode causar problemas de contaminação ambiental, intoxicação de agricultores e morte de diversos micro-organismos (Schwan-Estrada, 2009).

A imunidade das plantas é regra e a suscetibilidade é a exceção. As plantas possuem inúmeros e eficientes mecanismos de defesa, como barreiras físicas ou reações bioquímicas (Agrios, 2005). Quando a planta é exposta a um agente indutor seus mecanismos de defesa são ativados, a alteração na atividade de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase (SOD), e aumento na atividade de enzimas relacionadas à defesa de plantas, como β-1,3-glucanase, quitinase, fenilalanina amônia-liase (FAL), são indicadores de indução de resistência (Tanaka e Hadwiger, 2017; Wang *et al.*, 2009).

Os extratos vegetais estão inseridos neste contexto como produtos alternativos, os quais podem atuar como elicitores induzindo resistência nas plantas. Diversos trabalhos com extratos vegetais tem demonstrado a eficiência destes no controle de fitopatógenos, seja por indução de resistência ou pela ação direta sobre o patógeno. Aliado ao uso de extratos vegetais, muitas pesquisas tem utilizado o ácido salicílico como eliciador das respostas de defesa contra estreses bióticos (Asghari e Aghdam, 2010).

Em vista da necessidade de minimização dos impactos ambientais oriundos da agricultura, o cumprimento do papel social e a viabilidade econômica da atividade, objetivou-se investigar o efeito de extratos aquosos (EA) de gengibre e orégano e do ácido salicílico (AS) na indução de resistência à podridão mole quando aplicados em morangos na pós-colheita. Uma vez que o produtor consiga manipular seus próprios produtos e estes sejam eficientes e não acarretem em contaminação ambiental e ao consumidor, é possível contribuir com a autonomia da atividade e com a redução do impacto negativo sobre meio ambiente e saúde humana.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O fungo *Rhizopus stolonifer* foi isolado de frutos de morango e mantido em placas de Petri com meio de cultura batata-dextose-ágar (BDA) em câmara incubadora do tipo BOD a 25 ± 2 ºC e fotoperíodo de 12 h. Para preparo do extrato bruto aquoso (EBA) folhas e caules de orégano (*Origanum vulgare*) e rizomas de gengibre (*Zingiber officinale*) foram triturados em liquidificador industrial, seguido de secagem em estufa de circulação de ar forçado por 72 h a 40 ± 2 ºC e triturados em moinho de facas tipo Willye com peneira 30 mesh. O EBA foi obtido pela homogeneização de 100 g do material moído em 1 L de água estéril, seguida de centrifugação a 9500 *x g*, durante 10 min a temperatura ambiente. O sobrenadante do EBA foi diluído nas concentrações 5%, 10%, 15% e 20% para a constituição dos EA utilizados para os tratamentos. Como controle negativo foi utilizado água esterilizada e como tratamento adicional o ácido salicílico (AS 2,0 mM). O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizadas três repetições de dez frutos para cada um dos dez tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativos comparados pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade de erro. A indução de resistência foi avaliada por análises bioquímicas, pela ativação das enzimas quitinase, fenilalanina-amônia-liase (FAL), e superóxido dismutase (SOD) e também através da quantificação de açúcares totais, açúcares redutores e proteínas.

Para as avaliações os frutos foram selecionados de acordo com a ausência de injúrias visuais e infecções, uniformidade de tamanho, firmeza e cor. A assepsia foi feita com submersão destes durante 1 minuto em hipoclorito de sódio (1%), seguida de três lavagens com água esterilizada. Após secagem natural, os frutos foram imersos nos tratamentos durante 30 min, acondicionados em bandejas plásticas cobertas por plástico filme e armazenados em BOD a 25 ºC ± 2 ºC e fotoperíodo de 12 h. A inoculação de *R. stolonifer* (2,87 x $10^6$ esporos $mL^{-1}$) foi efetuada após 24 h como o auxílio de um borrifador. E foram feitas avaliações 24, 48 e 72 h após aplicação dos tratamentos.

A atividade da FAL (E.C. 4.3.1.5) foi avaliada com base na diferença de absorbância a 290 nm resultante da conversão da fenilalanina em ácido trans-cinâmico, conforme metodologia adaptada de Rodrigues *et al.* (2006). Para quantificação da SOD (E.C. 1.15.1.1) fez-se o monitoramento da produção fotoquímica da formazana azul a partir do nitroblue tetrazólio a 560 nm conforme descrito por Giannopolitis e Ries (1977) com adaptação. A atividade da enzima quitinase (EC 3.2.1.14) foi avaliada pela liberação de oligômeros solúveis de "*chitin-azure*", a partir de quitina carboximetilada marcada com remazol brilhante blue 5R-RBB a 550 nm de acordo com Wirth e Wolf (1992), com adaptações. Além disso, mensurou-se níveis de açúcares totais (Dubois *et al.*, 1956), açúcares redutores (Miller, 1959) e a concentração de proteínas (Bradford, 1976).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tratar morangos com o AS resultou em maior atividade das enzimas quitinase em todos os tempos avaliados (Tab. 3), assim como causou maior atividade da SOD (0,82 Uabs $min^{-1}$ mg $proteína^{-1}$) 48 h após inoculação do patógeno (Tab. 1). As proteínas relacionadas à patogênese, como a quitinase, são capazes de promover a desorganização da parede celular dos patógenos e paralisar a infecção destes (Pascholati, 2011). Uma vez que enzimas são proteínas explica-se a menor concentração de proteína quando aplicado AS (0,38 mg $g^{-1}$ tecido), seguido pelo tratamento com EA

de gengibre a 10% (0,51 mg $g^{-1}$ tecido) 72 h após inoculação (Tab. 2). O EA de gengibre a 10% seguiu tendências semelhantes ao AS, apresentando elevada atividade da SOD (0,61 Uabs $min^{-1}$ mg $proteína^{-1}$) 24 h após inoculação (Tab. 1). A SOD está envolvida no processo de defesa antioxidante, podendo atuar na explosão oxidativa relacionada à defesa da planta contra patógenos (Mitler, 2002).

Tabela 1. Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em morangos tratados em pós-colheita com extratos aquosos de gengibre (G) e orégano (O), nas doses 5%, 10%, 15% e 20%, ácido salicílico (AS) e água (controle negativo) avaliados 24, 48 e 72 h após a inoculação de *Rhizopus stolonifer*.

| **Tratamentos** | **Horas após a inoculação** | | |
|---|---|---|---|
| | **24 h** | **48 h** | **72 h** |
| | **SOD (Uabs $min^{-1}$ mg $proteína^{-1}$)** | | |
| 5% G | 0,27±0,04 bA* | 0,34±0,13 bcdeA | 0,18±0,01 cA |
| 10% G | 0,61±0,14 aA | 0,51±0,16 abcA | 0,45±0,01 bcA |
| 15% G | 0,29±0,06 bB | 0,48±0,27 bcdB | 0,82±0,37 aA |
| 20% G | 0,45±0,04 abA | 0,62±0,16 abA | 0,50±0,01 bA |
| 5% O | 0,29±0,01 bA | 0,05±0,01 eB | 0,17±0,01 cAB |
| 10% O | 0,51±0,01 abA | 0,31±0,05 cdeA | 0,41±0,02 bcA |
| 15% O | 0,46±0,01 abA | 0,20±0,07 cdeB | 0,37±0,24 bcAB |
| 20% O | 0,26±0,02 bB | 0,26±0,09 cdeB | 0,61±0,05 abA |
| Controle negativo | 0,22±0,01 bA | 0,19±0,04 deA | 0,19±0,04 cA |
| AS | 0,41±0,10 abB | 0,82±0,00 aA | 0,61±0,03 abAB |

* Os valores são a média de três repetições ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V.(%): 29,16.

Tanto o EA de gengibre a 10% (0,27 µg g $tecido^{-1}$ a 24 h) quanto o AS (0,34 µg g $tecido^{-1}$ a 72 h) mantiveram elevados níveis de açúcares redutores (glicose, manose e fructose), sendo estatisticamente superiores aos demais tratamentos (Tab. 2) O tratamento com AS também apresentou a maior concentração de açúcares totais (redutores e sacarose) às 24 h, 37,92 mg g $tecido^{-1}$, que pode estar relacionado com aumento da atividade metabólica, pois durante a indução de resistência a formação de compostos do metabolismo secundário podem interferir no metabolismo primário (Taiz e Zeiger, 2004).

A atividade da SOD demonstrou oscilação no decorrer do tempo, apresentando maior atividade no tratamento do EA de gengibre a 10% às 24 h, no AS às 48 h e no EA de gengibre a 15% às 72 h após inoculação do patógeno, mantendo-se estatisticamente semelhante entre os EA de orégano e controle negativo (Tab. 1). A ativação desta enzima pode estar relacionada com diversas formas de defesa biótica e abiótica, e a não ativação desta também pode ser resultado de uma reorganização para morte celular programada, envolvida na resistência induzida (Mitler, 2002).

O EA de gengibre a 15%, assim como a 5% e 10% e os EA de orégano a 5%, 10%, 15% e 20% tiveram aumento da atividade da quitinase no decorrer do tempo (Tab. 3), sendo evidenciada maior atividade no último tempo avaliado (72 h após inoculação), podendo estar relacionada a maior quantidade de fungo, ou seja, substrato para atividade da enzima, uma vez que as paredes dos fungos são formadas por ligações β-1,4 N-acetilglicosaminas que constituem a quitina (Wu e Bradford, 2003). EA de gengibre a 20% e EA de orégano a 15% também apresentaram elevada concentração de açúcares totais, 34, 01 mg g $tecido^{-1}$ e 34,65 mg g $tecido^{-1}$ às 72 h, respectivamente, o que pode estar atrelado ao uso como fonte de carbono para o esqueleto das enzimas formadas (Taiz e Zeiger, 2004).

Diferente da quitinase, a atividade da FAL reduziu com o tempo de exposição ao patógeno, havendo maior atividade desta enzima em morangos tratados com EA de orégano a 20% (0,67 Uabs $min^{-1}$ mg $proteína^{-1}$) e menor atividade verificada no tratamento com AS (0,22 Uabs $min^{-1}$ mg $proteína^{-1}$) 24 h após a inoculação do patógeno (Tab. 4). As peroxidases e a FAL estão diretamente envolvidas no processo de lignificação da parede celular (Pascholati, 2011), pela desaminação direta de L-fenilalanina para formar ácido cinâmico e amônia (Koukol e Conn, 1961). Além do AS, percebeu-se baixa atividade nos EA de orégano a 5% e 15% e no EA de gengibre a 15%, os demais apresentaram atividade superior para FAL, porém, estatisticamente, foram semelhantes entre si e inferiores ao EA de orégano a 20%.

Tabela 2. Açúcares totais, açúcares redutores e proteína em morangos tratados em pós-colheita com extratos aquosos de gengibre (G) e orégano (O), nas doses 5%, 10%, 15% e 20%, ácido salicílico (AS) e água (controle negativo) avaliados 24, 48 e 72 h após a inoculação de *Rhizopus stolonifer*.

| **Tratamentos** | **Tempos de coleta** | | |
|---|---|---|---|
| | **24 h** | **48 h** | **72 h** |
| | **Açúcares totais (mg g tecido$^{-1}$)** | | |
| 5% G | 31,12±0,60 abA* | 31,13±4,25 bcA | 28,90±0,99 abcA |
| 10% G | 21,26±2,63 cA | 20,95±5,08 deA | 17,97±5,57 dA |
| 15% G | 18,12±2,58 cB | 34,84±4,51 abA | 32,32±1,40 abcA |
| 20% G | 30,98±1,16 abA | 35,39±5,60 abA | 34,01±1,60 aA |
| 5% O | 33,81±3,81 abA | 18,85±4,12 eB | 26,80±0,96 abcdA |
| 10% O | 21,03±4,17 cB | 29,46±3,99 bcdA | 24,14±1,88 bcdAB |
| 15% O | 34,24±3,79 abA | 16,15±3,41 eB | 34,65±6,35 aA |
| 20% O | 25,11±1,94 bcA | 20,42±4,36 deA | 23,18±1,08 cdA |
| Controle negativo | 27,04±3,31 bcAB | 21,89±1,59 cdeB | 32,92±4,56 abA |
| AS | 37,92±4,29 aAB | 42,07±4,54 aA | 34,26±1,46 aB |
| CV (%): 12,74 | | | |
| | **Açúcares redutores (µg g tecido$^{-1}$)** | | |
| 5% G | 0,24±0,01 abA | 0,20±0,01 bcdB | 0,20±0,02 bAB |
| 10% G | 0,27±0,01 aA | 0,17±0,01 cdC | 0,21±0,004 bB |
| 15% G | 0,16±0.01 deB | 0,21±0,02 bcA | 0,21±0,01 bA |
| 20% G | 0,22±0,005 bcA | 0,16±0,01 dB | 0,14±0,03 cB |
| 5% O | 0,22±0,02 bcA | 0,22±0,02 abA | 0,13±0,004 cB |
| 10% O | 0,14±0,005 eB | 0,20±0,01 bcdA | 0,15±0,02 cB |
| 15% O | 0,19±0,01 cdA | 0,16±0,004 dAB | 0,15±0,02 cB |
| 20% O | 0,19±0,01 cdA | 0,16±0,01 dA | 0,16±0,04 cA |
| Controle negativo | 0,24±0,02 abA | 0,20±0,01 bcdB | 0,2±0,001 bcB |
| AS | 0,24±0,02 abB | 0,26±0,02 aB | 0,34±0,02 aA |
| CV (%): 8,09 | | | |
| | **Proteína (mg g tecido$^{-1}$)** | | |
| 5% G | 0,91±0,03 bcA | 0,68±0,06 bcdA | 0,82±0,12 bcdA |
| 10% G | 1,05±0,11 bA | 1,00±0,18 bA | 0,51±0,12 deB |
| 15% G | 0,88±0,13 bcdAB | 0,81±0,36 bcB | 1,10±0,16 abA |
| 20% G | 0,67±0,15 cdB | 0,50±0,03 cdB | 0,92±0,30 abcA |
| 5% O | 0,89±0,11 bcdA | 0,91±0,05 bA | 0,70±0,07 cdeA |
| 10% O | 0,72±0,09 bcdB | 0,99±0,09 bA | 0,99±0,04 abcA |
| 15% O | 0,80±0,07 bcdAB | 0,70±0,04 bcdB | 1,00±0,09 abcA |
| 20% O | 0,82±0,06 bcdA | 0,82±0,07 bcA | 0,98±0,05 abcA |
| Controle negativo | 1,42±0,04 aA | 1,34±0,08 aA | 1,24±0,10 aA |
| AS | 0,56±0,08 dA | 0,44±0,07 dA | 0,38±0,07 eA |
| CV (%): 14,63 | | | |

* Os valores são a média de três repetições ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 3. Atividade da enzima quitinase em morangos tratados em pós-colheita com extratos aquosos de gengibre (G) e orégano (O), nas doses 5%, 10%, 15% e 20%, ácido salicílico (AS) e água (controle negativo) avaliados 24, 48 e 72 h após a inoculação de *Rhizopus stolonifer*.

| **Tratamentos** | **Horas após a inoculação** | | |
|---|---|---|---|
| | **24 h** | **48 h** | **72 h** |
| | **Quitinase (Uabs min$^{-1}$ mg proteína$^{-1}$)** | | |
| 5% G | 0,52±0,09 cB* | 1,39±0.18 bcA | 1,62±0,21 bcA |
| 10% G | 0,37±0,22 cC | 1,13±0.3 bcB | 2,45±0,64 bA |
| 15% G | 0,89±0,14 bcB | 1,32±0.92 bcAB | 1,94±0,78 bcA |
| 20% G | 1,59±0,11 bA | 1,65±0.13 bcA | 2,22±0,27 bcA |
| 5% O | 0,37±0,09 cB | 0,99±0.05 bcB | 1,77±0,17 bcA |
| 10% O | 0,40±0,12 cB | 0,83±0.20 cdAB | 1,47±0,03 cA |
| 15% O | 0,92±0,09 bcB | 1,88±0.15 bA | 2,09±0,45 bcA |
| 20% O | 0,78±0,44 bcB | 1,71±0.14 bcA | 2,27±0,44 bcA |
| Controle negativo | 0,04±0,01 cA | 0,03±0.01 dA | 0,05±0,01 dA |
| AS | 5,78±0,02 aA | 4,68±0.40 aB | 4,76±0,74 aB |

* Os valores são a média de três repetições ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V.(%): 22,05.

Percebe-se que nos tratamentos em que há aumento na atividade da FAL a atividade da quitinase e da SOD não é evidenciada, enquanto que essas duas últimas são ativadas pelos mesmos tratamentos. Houve aumento da atividade de quitinase quando tratados com AS e de SOD no tratamento com AS e EA de gengibre a 10% enquanto o conteúdo de proteína foi o menor nestes tratamentos quando comparados ao controle negativo, composto por água que apresentou a maior concentração (1,42 mg g$^{-1}$ tecido) ás 24 h, mantendo-se superior e sem diferença estatística no decorrer do tempo.

Tabela 4. Atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL) em morangos tratados em pós-colheita com extratos aquosos de gengibre (G) e orégano (O), nas doses 5%, 10%, 15% e 20%, ácido salicílico (AS) e água (controle negativo) avaliados 24, 48 e 72 h após a inoculação de *Rhizopus stolonifer*.

| **Tratamentos** | **Horas após a inoculação** | | |
|---|---|---|---|
| | **24 h** | **48 h** | **72 h** |
| | **FAL (Uabs min$^{-1}$ mg proteína$^{-1}$)** | | |
| 5% G | 0,52±0,01 bA* | 0,50±0,03aA | 0,35±0,04 aB |
| 10% G | 0,41±0,02 cdA | 0,26±0,03 cdB | 0,34±0,02 aAB |
| 15% G | 0,36±0,03 cdA | 0,37±0,02 bcA | 0,31±0,09 aA |
| 20% G | 0,41±0,04 bcdA | 0,32±0,05 bcB | 0,30±0,04 aB |
| 5% O | 0,37±0,01 cdA | 0,42±0,09 abA | 0,36±0,05 aA |
| 10% O | 0,46±0,02 bcA | 0,29±0,05 cB | 0,34±0,03 aB |
| 15% O | 0,33±0,06 deA | 0,26±0,05 cdA | 0,29±0,01 aA |
| 20% O | 0,67±0,09 aA | 0,41±0,02 abB | 0,37±0,01 aB |
| Controle negativo | 0,44±0,07 bcdA | 0,31±0,06 bcB | 0,38±0,01 aAB |
| AS | 0,22±0,03 eA | 0,15±0,01 dA | 0,16±0,01 bA |

* Os valores são a média de três repetições ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V.(%): 12,03.

Entretanto no tratamento EA de orégano a 20% e EA de gengibre a 5% em que constatou-se elevada atividade de FAL foi verificado baixo conteúdo de açúcares redutores comparando com o maior conteúdo que foi o AS (0,34 µg g tecido$^{-1}$) 72 h após inoculação do patógeno. Tal constatação pode servir de fonte para novas pesquisas que visem responder qual a fonte de esqueleto de carbono utilizado para cada uma destas enzimas. Além disso, mais parâmetros

podem ser avaliados para corroborar com o presente estudo e avaliações, como atividade de quitinase, podem ser determinadas por maior período de tempo, visto que esta demonstrou tendência de crescimento com o passar do tempo.

## 4. CONCLUSÃO

O ácido salicílico e o extrato aquoso de gengibre a 10% influenciam a atividade de quitinase e superóxido dismutase. Enquanto o extrato aquoso de orégano a 20% aumenta a atividade da fenilalanina amônia-liase. O que demonstra que são elicitores promissores para indução de resistência em pós-colheita de morango.

## 5. REFERÊNCIAS

Agrios, G.N., 2005. *Plant Pathology*. Elsevier Academic Press, San Diego, 5ª edição.

Amorim, L. e Pascholati, S., 2011. "Ciclo de relações patógeno – hospedeiro". In: Amorim, L., Rezende, J.A.M. e Filho, A.B., 2011. *Manual de Fitopatologia*. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, 4ª edição.

Asghari, M. e Aghdam, M.S., 2010. "Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops". *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 21, p. 502-509.

Bradford, M.M., 1976. "A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding". *Analitycal Biochemistry*, Vol. 72, p. 248-254.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. e Smith, F., 1956. "Colorimetric method for determination of sugars and related substances". *Analitycal Biochemistry*, Vol. 28, p. 350-356.

Giannopolitis, C.N. e Ries, S.K., 1977. "Purification and quantitative relationship with wa-ter-soluble protein in seedlings". *Journal of Plant Physiology*, Vol. 48, p. 315-318.

Koukol, J. e Conn, E.E., 1961. "The metabolismo of aromatic compounds in higher plants". *The Journal of Biological Chemistry*, Vol. 236, p. 2692-2698.

Miller, G.L., 1959. "Use of dinitrosalicylic and reagent for determination of reducing sugar". *Analytical Chemistry*, Vol. 31, p. 426-428.

Mitler, R., 2002. "Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance". *Trends in Plant Science*, Vol. 7, p. 405-410.

Pascholati, S.F., 2011. "Fisiologia do Parasitismo: Como as plantas se defendem dos patógenos". In: Amorim, L., Rezende, J.A.M. e Filho, A.B., 2011. *Manual de Fitopatologia*. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, 4ª edição.

Rodrigues, A.A.C., Bezerra Neto, E. e Coelho, R.S.B., 2006. "Indução de resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* em caupi: eficiência de indutores abióticos e atividade enzimática elicitada". *Fitopatologia Brasileira*, Vol. 31, p. 492-499.

Schwan-Strada, K.R.F., 2009. "Extratos vegetais e de cogumelos no controle de doenças de plantas". *Horticultura Brasileira*, Vol. 27.

Taiz, L. e Zeiger, E., 2004. *Fisiologia vegetal*. Artmed, Porto Alegre, 3ª edição.

Tanaka, K. e Hadwiger, L.A., 2017. "Nonhost resistance: Reactive oxygen species (ROS) signal causes DNA damage prior to the induction of PR genes and disease resistance in pea tissue". *Physiological and Molecular Plant Pathology*, Vol. 98, p. 18-24.

Wang, K., Jin, P., Cao, S., Shang, H., Yang, Z. e Zheng, Y., 2009. "Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in chinese bayberries". *Journal of Agriccultural and Food Chemistry*, Vol. 57, p. 5809-5815.

Wirth, S.J. e WOLF, G.A., 1992. "Micro-plate colourimetric assay for endo-acting cellulose, xylanase, chitinase, 1,3-β-glucanase and amylase extracted from forest soil horizons". *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 24, p. 511-519.

Wu, C.T., Bradford, K.J., 2003. "Class I chitinase and beta-1,3-glucanase are differentially regulated by wounding, methyl jasmonate, ethylene, and gibberellin in tomato seeds and leaves". *Plant Physiology*, Vol. 133, p. 263-273.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Agronomia e Engenharia Agrícola: Máquinas Agrícolas

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# QUALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE CALDA POR PULVERIZADORES AGRÍCOLAS DE BARRAS NO MUNICÍPIO DE QUATRO IRMÃOS-RS

**Jardes Bragagnolo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
jardesb@yahoo.com.br

**Luciano Henrique Carvalho**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
luianocarvalho@live.com

**Raquel Paula Lorensi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
raquelorensi@uricer.edu.br

**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
rocha@uricer.edu.br

**Teilor Tiago Zelik**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
teilor.zelik@hotmail.com.

**Luam José Bampi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
luamjbampi@hotmail.com

**Jakson Alexandre May**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
jaksonmay@hotmail.com

*Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade na distribuição de calda dos pulverizadores utilizados na produção agrícola do município de Quatro Irmãos – RS e as suas características de manutenção e regulagem usadas nas atividades agrícolas. Foram realizadas avaliações em quatro pulverizadores de propriedades rurais no município de Quatro Irmãos - RS. Durante as avaliações dos pulverizadores foi possível detectar que possuí uma gama diversa de pulverizadores desde 25 até 37 pontas para aplicação, com barras de 14 a 18 metros, com regulagem da pressão por manômetros e capacidade de armazenamento de tanques de 600L até 800L. Verificou-se que todos os pulverizadores estavam com as pontas adequadas para a aplicação dos agroquímicos e 100% dos pulverizadores avaliados apresentavam qualidade de distribuição de calda com uniformidade adequada, considerando o coeficiente de variação a 10% indicado como limite tolerável. Porém 50% dos mesmos estavam com regulagem inadequada para dose de 12% a 18% inferior a desejada, o que pode afetar o nível de controle do defensivo químico. Identificou-se que 75% dos pulverizadores avaliados possuíam algum tipo de problema ligado ao manômetro, o que limita a adequação da pressão de trabalho, interferindo na vazão de calda e no tamanho das gotas obtidas. Além disso 75% dos pulverizadores apresentavam bicos e/ou filtros com presença de impurezas, existindo a necessidade de aperfeiçoamento na manutenção e limpeza dos pulverizadores. Dos itens inspecionados os que possuíram maiores irregularidades foram a presença de manômetros inoperantes e sujeiras nos filtros ou danificados. Salienta-se ainda a necessidade dos operadores adotarem o uso do conjunto de equipamentos de proteção individual para todas as atividades que envolvam o manuseio, preparo e aplicação dos defensivos agrícolas.*

***Palavras-chave:*** *máquinas agrícolas, defensivos agrícolas, regulagem, calibração, inspeção*

## 1.r INTRODUÇÃO

A utilização de defensivos agrícolas constitui uma prática comum no controle de pragas e doenças na maioria das culturas, representando parte significativa nos custos de produção, visando a máxima efetividade e custos mínimos na aplicação destes produtos (França et al., 2015), de forma segura sem agredir ao homem e ao ambiente (Bauer et al., 2009). Toda e qualquer forma de aplicação de defensivos agrícolas representa risco ao ambiente, no entanto, estes riscos podem ser minimizados por meio do uso de tecnologia e conhecimento adequados, garantindo produção sustentável de alimentos. Além disso, a preocupação com a preservação do ambiente e produção de alimentos livre de contaminação necessitam de máquinas mais eficientes (Baesso et al., 2009) que propiciem menos desperdício dos produtos aplicados.

Por tudo isso a calibração correta dos pulverizadores é um instrumento indispensável para a melhoria da qualidade da pulverização de agrotóxicos, permitindo redução das perdas que podem ocorrer durante essas operações, com conseqüentes efeitos ambientais indesejáveis (Siqueira, 2009).

Na região do Alto Uruguai em trabalhos prévios de avaliação de pulverizadores Bragagnolo et al. (2016) observaram que a principal fonte de problemas são ligadas as pontas de pulverização seguidas da inoperância dos manômetros, enquanto que Bertoglio et al. (2016) salientam que após a substituição das pontas de pulverização desgastadas pelo uso por pontas novas obteve-se qualidade de distribuição de calda de forma satisfatória. Bragagnolo et al. (2016) identificaram que cerca de 20% dos pulverizadores avaliados apresentavam problemas quanto à dose aplicada em comparação com a desejada, e 60% apresentavam variação da dose excessiva entre os bicos da mesma barra de pulverização. Zelik et al. (2017) verificaram que 33,3% dos pulverizadores avaliados possuíam algum tipo de perda de calda, e que 33,3% dos pulverizadores avaliados possuíam problemas no conjunto de pontas de pulverização, apontando que possuíam modelos diferentes, presença de pontas com desgaste, com isso teve necessidade de substituição por conjunto de pontas novas, considerando CV superior a 10% indicado como limite por Dornelles et al. (2009). No entanto 66,6% dos pulverizadores indicaram que as doses distribuídas estão próximas dos valores esperados pelo produtor.

Dentre o s municípios que constituem a região do Alto Uruguai encontra-se o município de Quatro Irmãos, que possui uma área de 93,985.00 mil hectares e cerca de 1,800 habitantes, sendo a principal atividade financeira do município ligada a agricultura, prevalecem o cultivo de produção de soja no período de verão e aveia no período invernal, sendo predominante a utilização de pulverizadores de barra para a pulverização de agrotóxicos.

Como ainda não são conhecidas as condições de uso dos pulverizadores utilizados na condução dos cultivos agrícolas no município de Quatro Irmãos, torna-se importante avaliar os pulverizadores de barras quanto a suas características de manutenção, regulagem e qualidade de distribuição de calda usada nos processos produtivos e orientar os produtores a realizar manutenções e regulagens periódicas nos pulverizadores.

## 2.r MATERIAL E MÉTODOS

O estudo consistiu na realização de um levantamento da qualidade de regulagem e manutenção de pulverizadores utilizados em propriedades rurais do município de Quatro Irmãos - RS. Foram realizadas visitas a quatro propriedades sendo as avaliações realizadas perante a disponibilidade dos agricultores dispostos a realizar os testes de forma voluntária. Os modelos de pulverizadores avaliados foram classificados como pulverizadores de barras montados no sistema de três pontos do hidráulico do trator contendo entre 25 e 37 bicos de pulverização e de 14 a 18 metros de barras.

Seguindo as instruções propostas por Casali (2015), realizou-se o agendamento das atividades de avaliação com os produtores, e ao se chegar nas propriedades foram apresentados os integrantes que compunham o grupo de pesquisa e a proposta de trabalho, salientando a importância do trabalho, seguida da aplicação de um questionário para averiguar o nível de instrução do operador, características do equipamento, manutenção e uso, adaptado de Casali (2012). Após a aplicação do questionário foi dado início ao levantamento das condições do pulverizador colocando-se o motor do trator na rotação de trabalho e pressão de pulverização que o produtor utilizou na última aplicação. Nesse momento, após a observação de vazamentos de calda ou qualquer outro problema com a máquina, além da observação na qualidade visual de distribuição do jato a fim de verificar diferenças ou entupimentos parciais ou totais dos bicos de pulverização, foi dado início ao processo de limpeza de todos os filtros, peneiras e pontas de pulverização, método proposto por Casali (2012).

Segundo Bertoglio et al. (2016) após a remontagem de todos os dispositivos se iniciava a coleta de calda, com o pulverizador com as barras abertas e com o reservatório de calda contendo 2/3 de sua capacidade com água pura, sendo posicionados em cada bico um cano de PVC de aproximadamente 600mm de comprimento e 60mm de diâmetro com a intenção de evitar perdas por deriva e também direcionar o líquido para um recipiente de coleta, deixando-se um espaço livre abaixo do cano de aproximadamente 0,15m afim de facilitar o processo de colocação e retirada do recipiente de coleta (Bragagnolo et al., 2016).

Dado o início da avaliação, colocou-se o motor do trator na rotação de trabalho e pressão de pulverização que o produtor utilizou na última aplicação. e o pulverizador colocado em operação por cerca de 3 minutos para estabilização do fluxo. Após este período cada balde de coleta foi posicionado abaixo do cano condutor sucessivamente a cada 3 segundos em cada ponta de pulverização, seguindo uma ordem cronológica da extremidade direita em direção a

esquerda da barra do pulverizador. Após um tempo de 3 minutos de coleta para o primeiro balde, iniciou-se o processo de retirada dos baldes, também a cada 3 segundos, o que gera uma uniformização de tempo de coleta de água para cada bico de pulverização. Posteriormente os baldes foram pesados em balança de precisão, conforme metodologia descrita em Dornelles (2008) e Casali (2012) para minimizar problemas com perdas de líquidos ao se realizar a aferição de volume coletado (Bragagnolo et al., 2016).

Para cada balde foi descontado o peso do balde limpo e seco e os valores obtidos foram anotados em planilha e posteriormente repassados para um software SigmaPlot 11.0 para análise descritiva e de variância. Todos os bicos que apresentavam vazões maiores ou menores que 10% da média foram considerados insatisfatórios e era sugerida a substituição dos mesmos conforme recomendação de Dornelles et al. (2009), e caso 3 ou mais apresentassem inconformidades sugeria-se a substituição de todas as pontas de pulverização (Bragagnolo et al., 2016).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as avaliações dos pulverizadores foi possível detectar que possuí uma gama diversa de pulverizadores desde 25 pontas até 37 pontas para aplicação (Tab. 1), com barras de 14 a 18 metros, com regulagem da pressão por manômetros e capacidade de armazenamento de tanques de 600L até 800L.

Tabela 1. Características dos pulverizadores de barras avaliados, utilizados para manejo de culturas de grãos em propriedades rurais de Quatro Irmãos - RS.

| | **Pulverizador 1** | **Pulverizador 2** | **Pulverizador 3** | **Pulverizador 4** |
|---|---|---|---|---|
| **Modelo** | Jacto Condor AM/14 600L | Jacto Condor 600L | Jacto Condor 600L | Condor AM 18 800L |
| **Ano fabricação** | 2011 | 2009 | 2001 | 2017 |
| **Número de pontas** | 29 | 28 | 25 | 37 |
| **Tipo de ponta** | TXA 80 067VK | KFS 11002 | JA-2 | 110 02 |
| **Filtro de bico (malha)** | 80 micras | 80 micras | 50 micras | 80 micras |
| **Dose desejada ($Lha^{-1}$)** | 65,0 | 150,0 | 150,00 | 80,0 |
| **Dose Obtida ($L\ ha^{-1}$)** | 63,2 | 152,0 | 121,6 | 69,9 |
| **Variação (%)** | -2,8 | 1,3 | -18,9 | -12,6 |
| **Coeficiente de variação (%)** | 2,3 | 1,5 | 1,8 | 3,0 |

Verificou-se que todos os pulverizadores estavam com as pontas adequadas para a aplicação dos agroquímicos e 100% dos pulverizadores avaliados apresentavam qualidade de distribuição de calada com uniformidade adequada, considerando o coeficiente de variação a 10% indicado como limite por Dornelles et al. (2009), porém 50% dos mesmos estavam com regulagem inadequada para obtendo dose de 12% a 18% inferior a desejada, o que pode afetar o nível de controle do defensivo químico.

Identificou-se que 75% dos pulverizadores avaliados possuíam algum tipo de problema ligado ao manômetro, o que limita a adequação da pressão de trabalho, interferindo na vazão de calda e no tamanho das gotas obtidas, além disso 75% dos pulverizadores apresentavam bicos e/ou filtros com presença de impurezas, existindo a necessidade de aperfeiçoamento na manutenção e limpeza dos pulverizadores. Desta forma sugeriu-se aos proprietários a substituição por manômetros novos (Tab. 2).

Dos itens inspecionados os que possuíram maiores irregularidades foram a presença de manômetros inoperantes e sujeiras nos filtros ou danificados. Salienta-se ainda a necessidade dos operadores adotarem o uso do conjunto de equipamentos de proteção individual para todas atividades que envolvam o manuseio, preparo e aplicação dos defensivos agrícolas.

Tabela 2. Problemas verificados na avaliação dos pulverizadores no município de Quatro Irmãos – RS e recomendações aos proprietários.

| | **Pulverizador 1** | **Pulverizador 2** | **Pulverizador 3** | **Pulverizador 4** |
|---|---|---|---|---|
| **Modelo** | Jacto Condor AM/14 600L | Jacto Condor 600L | Jacto Condor 600L | Condor AM 18 800L |
| **Problemas verificados** | Filtros e pontas com resíduos | Filtros com resíduos e malhas rasgadas, manômetro inoperante | Vazamentos, tampa superior danificada, manômetro inoperante. Filtros e bicos com resíduos. Dose de calda incompatível com a desejada. | Dose de calda incompatível com a desejada. |
| **Recomendações** | Manutenção dos parâmetros de limpeza do pulverizador e utilização do equipamento de proteção individual (EPI). | Efetuar a limpeza dos filtros e das pontas de pulverização, substituir filtros rasgados e substituir manômetro | Adequar volume do produto comercial ao volume de calda. Concertar vazamentos, substituir tampa e manômetro, e efetuar a limpeza do pulverizador após as aplicações a campo e utilizar os equipamento de proteção individual (EPI) | Adequar volume do produto commercial ao volume de calda. utilizar os equipamento de proteção individual (EPI) |

## 4. CONCLUSÃO

Todos os pulverizadores avaliados apresentam algum tipo de problema. Desse modo, os proprietários foram orientados a fazer a substituição dos componentes que impede a realização da boa pulverização, limpeza de filtros e realizar a regulagem adequada em cada pulverização.

## 5. REFERÊNCIAS

Antoniassi, U.R. e Boller, W., 2011.*Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF. 279p.

Baesso, M.M., Goulart Junior, R., Teixeira, M.M., Augusto, F., Rodrigues Junior, F.A. e Ruas, R.A.A., 2009. Avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica de bicos hidráulicos em pulverizador com assistência de ar. *Engenharia na Agricultura*. Viçosa-MG, v. 17, n. 2, p. 120-127.

Bauer, F., Pereira, F.A.R., Scheeren, B.R. e Braga, L.W., 2009. Diagnóstico das condições, tempo de uso e manutenção de pulverizadores no estado de Mato Grosso do Sul. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.3, p.501-507.

Bertoglio, E.D., Bragagnolo, J., Bampi, L.J., May, J.A., Malacarne, T.C. e Santolin, R., 2016. Avaliação da qualidade de distribuição da calda de um pulverizador de barras no Alto Uruguai**.** *Anais: III Mostra Científica das Ciências Agrárias e Ciências Biológicas da URI*, Erechim, RS. p. 215 - 220.

Bragagnolo, J., Bertoglio, E.D., Rocha, P.S.G., Bampi, L.J.; May, J.A., Malacarne, T.C. e Santolin, R., 2016. Avaliação na qualidade de distribuição de calda de um pulverizador de barras utilizados nas propriedades do Alto Uruguai. *Anais: II Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação e II Congresso Sul-Brasileiro de Engenharia de Alimentos*. URI, Erechim, RS. p.1 - 4.

Casali, A.L., 2012. *Condições de uso de pulverizadores e tratores na região central do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS. p.109.

Casali, A.L.; Schlosser, J.F., Gandolfi, M.A., Uhry, D. e Rodrigues, F.A., 2015. Nível de capacitação e informação dos operadores de máquinas para a aplicação de agrotóxicos. *Ciência Rural*, Santa Maria – RS, v.45, n.3, p.425-431.

Dornelles, M.E.C., 2008. *Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas no Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS. p. 126.

Dornelles M.E., Schlosser J.F., Casali, A.L. e Brondani, L.B.A., 2009. Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas históricos e importância. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1600-1605.

França, J.A.L., Gonçalves, W.S., Romeiro, B.P., Benett, C.G.S. e Silva, A.R., 2015. Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador hidráulico de barras rígidas horizontais de baixo custo. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 2, n. 1, p. 17-23.

Gandolfo, M.A., Antuniassi, U.R., Gandolfo, U.D., Moraes, E.D., Rodrigues, E.B. e Adegas, F.S., 2013. Inspeção periódica de pulverizadores: diagnóstico para a região norte do Paraná. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 411- 421.

Siqueira, J.L., 2009. *Inspeção periódica de pulverizadores: análise dos erros de calibração e impacto econômico*. 132p. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009.

Zelik, T.T., Picinin, C., Bragagnolo, J., Lorensi, R.P., Amaral, A.S., Rocha, P.S.G., Bampi, L.J. e May, J.A. 2017. Qualidade de distribuição de calda por pulverizadores agrícolas de barras. In: *Anais do 3º Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação URI (CONIGTI)* - Erechim, RS: EdiFAPES. p. 422-425.

## 5. NOTA RESPOSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Agronomia e Engenharia Agrícola: Produção Animal

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO TÉCNICA DE DIFERENTES LOTES DE FRANGOS DE CORTE NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI GAÚCHO

**Charles Mateus Rörig**
**Amito José Teixeira**
**Daniela dos Santos de Oliveira**
**Antonio Sergio do Amaral**
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
**Vinícius Gustavo Lira Borsa**
**Mauro Antonio de Almeida**
**Sandra Piovesan**
**Ricati Lima Majewski**
**Patrícia Tussi**

*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil

*e-mails: charles.m.rorig@gmail.com; amito@uricer.edu.br; danielaoliveira@uricer.edu.br; maurodealmeida@uricer.edu.brasamaral@uriecer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; vinilira196@gmail.com; 044440@aluno.uricer.edu.br, 093705@aluno.uricer.edu.br, ptussi@uricer.edu.br.*

***Resumo:*** *A cadeia avícola vem desempregado um eficiente desempenho nas últimas décadas. No entanto essa cadeia tem apresentado grande competitividade entre empresas e produtores tentando cada um oferecer seu melhor desempenho. Nesse sentido é cada vez mais importante o investimento em genética, e o produtor buscar entregar um melhor bem-estar animal, para o melhor rendimento efetivo das aves. Na região do Alto Uruguai Gaúcho, a avicultura vem efetuando um excelente trabalho, gerando milhares de empregos diretos e indiretos. No presente trabalho, foram avaliados diversos índices de eficiências técnicas, comparando o desempenho de machos e fêmeas das linhagens COBB e ROSS. De modo geral, este estudo procurou apresentar os desempenhos técnico de cada raça e sexo, para que avicultor possa ter resultados e assim procurar a melhor forma de trabalho na avicultura para efetivar seu melhor desempenho e lucratividade para o produtor e empresa.*

***Palavras chave:*** *avicultura, frango de corte, índices técnicos e linhagens.*

## 1. INTRODUÇÃO

A avicultura de corte passou por inúmeras transformações até chegar ao patamar atual, esta evolução iniciou com a domesticação da espécie *Gallus gallus* ocorrida há aproximadamente 8.000 anos no continente asiático, logo depois os Celtas facilitaram a disseminação das galinhas pela Europa até idade do ferro, onde se acredita que foi o maior período de dispersão destas aves no continente Europeu (SANTANA, 2008).

Historicamente, o Sul é uma das regiões mais tradicionais para a criação de aves no Brasil, com grande presença de cooperativas no que se refere à organização e apoio aos produtores. Por outro lado, granjas dessa região, assim como do Sudeste, dependem fortemente de grãos provenientes do Centro-Oeste. Além disso, apresentam elevado custo de terra e mão de obra, que vem se tornando limitada pela descontinuidade das gerações de granjeiros (DE ZEN 2014).

Como publicou Marth (2014), a temperatura do ambiente é uma das principais condições que devem ser consideradas na produção de frangos de corte. Caso a temperatura não esteja de acordo com a zona de conforto térmico das aves, surgirão os transtornos metabólicos, os quais aumentarão a conversão alimentar e a mortalidade do lote.

A avicultura de corte é uma das principais atividades agropecuárias da região do Alto Uruguai gaúcho, sendo que se torna a principal fonte de renda de muitas famílias da região. Também agrega muitos empregos diretos e indiretos. A nível mundial o Brasil é atualmente o maior exportador de carne de frango, com embarques de 3,9 milhões de toneladas, destinadas para mais de 155 países, sendo responsável por 40% do mercado mundial da carne de frango (MENDES, 2014). Os objetivos do trabalho foram: - Avaliar a conversão alimentar de onze lotes de frangos de corte;

- Avaliar o ganho médio diário de peso de onze lotes de frangos de corte; - Avaliar a idade de abate de onze lotes de frangos de corte; - Avaliar o índice de eficiência de onze lotes de frangos de corte; - Avaliar a mortalidade de onze lotes

de frangos de corte; - Avaliar o peso de abate de onze lotes de frangos de corte; - Avaliar a quantidade de ração consumida de onze lotes de frangos de corte; - Comparar índices técnicos de lotes das linhagens COBB e ROSS.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um aviário convencional de um produtor do município de Aratiba RS, no intervalo entre o mês de abril do ano de 2016 e abril de 2018. O galpão é orientado no sentido leste-oeste, com 11,5 metros de largura e 80 metros de comprimento, totalizando 920 m². O aviário possui 200 comedouros automáticos divididos em 02 linhas. Até os 21 dias são utilizados 55 comedores auxiliares devido ao espaço reduzido do pinteiro.

O aviário disponibiliza ainda, 912 bicos de nipple divididos em 03 linhas, sendo que do segundo até o oitavo dia são utilizados bebedouros auxiliares devido ao espaço reduzido do pinteiro. O aviário dispõe também de 12 ventiladores, nebulizador com 60 bicos divididos em 10 seções de 06 bicos e aquecimento composto de 01 forno principal que se encontra do lado de fora do aviário. O forno é abastecido com lenha, e serve para distribuir calor para todo o aviário por meio de tubos instalados na estufa. Também dispõe de dois fornos auxiliares dentro do pinteiro que são abastecidos com lenha.

Foram avaliados 11 onze lotes de frangos de corte, que receberam o mesmo manejo e cuidados diferindo apenas as linhagens, sexo e idade de abate das aves.

Devido aos fatores climáticos, os lotes tiveram que ser divididos em dois grupos: Lotes de verão e lotes de inverno.

Lotes de verão (lotes: 01, 04, 05, 06, 10 e 11): Nos lotes com períodos de maior calor (verão, primavera, e início de outono) os frangos passam por etapas diferentes das do inverno:

1º dia: as aves ao chegarem na granja foram alojadas dentro de uma estufa de 184m² com 180 bicos de nipple, mais 08 bebedouros auxiliares, 103 comedouros e sobre a cama do aviário é distribuída folhas de papel pardo para a alimentação. A temperatura é mantida entre 35 e 36°C;

2º - 3º dia: a estufa foi aumentada para 230m². Foram adicionados 12 comedouros de linha totalizando 115. Também foram adicionados 45 bicos de nipple totalizando 225. A temperatura foi diminuída entre 2 a 4°C. Foram então retirados os 8 bebedouros auxiliares, e os papéis de alimentação.

5º - 6º dia: a estufa foi aumentada para 322m². Foram adicionados 24 comedouros de linha totalizando 139, adicionados 90 bicos de nipple totalizando 315. A temperatura era controlada entre 29 a 32°C. Nesse momento foi realizado o primeiro revolvimento da cama.

8º - 9º dia: a estufa foi aumentada para 460m². Adicionou-se 36 comedouros de linha totalizando 175. Também foram adicionados 135 bicos de nipple, totalizando 450. A temperatura era controlada entre 27 a 30ºC.

12º - 13º dia: a estufa foi aumentada para 552m². Foram adicionados 24 comedouros de linha totalizando 199. Também foram adicionados 90 bicos de nipple totalizando 540. A temperatura já era controlada entre 25º a 28ºC. Em dias de calores muitos extremos já eram utilizados alguns ventiladores para manter a temperatura. Nesse momento também ocorria o segundo revolvimento da cama.

16º - 17º dia: a estufa era aumentada para 690m². Eram adicionados 36 comedouros de linha, e retirados os comedouros auxiliares, totalizando 180 comedouros. Também foram adicionados 135 bicos de nipple, totalizando 675. A temperatura era controlada em torno dos 25ºC.

19º - 20º dia: liberava-se o espaço completo do aviário, com todos comedouros, bicos de nipple, bicos de nebulizador e ventiladores disponíveis. Era realizado então o terceiro revolvimento de cama.

Depois desse período eram utilizados ventiladores e nebulizadores toda vez que necessário para manter a temperatura em torno de 20º a 25ºC. O revolvimento de cama era feito toda vez que necessário, por volta de 4 a 5 dias.

Lotes de inverno (lotes: 02, 03, 07 e 08): Nos períodos frios (outono inverno) os frangos passavam pelo mesmo processo do verão, alternando apenas os números de dias que ficam em cada espaço de estufa, devido à dificuldade de manter a alta temperatura em períodos muito frios do ano.

Para a determinação do desempenho produtivo das aves, foram avaliados os relatórios de fechamento de lote à campo.

Os lotes foram acompanhados durante todo o alojamento na obtenção de informações referentes à quantidade de pintinhos alojados, ração consumida, frangos eliminados e mortos, idade do lote e número de animais encaminhados para o abate. No último dia de vida, os frangos foram submetidos ao jejum alimentar pré-abate por seis horas. Após esse período as aves foram encaminhadas para o abatedouro.

Com base nos dados coletados dos relatórios de campo foram determinados: a quantidade de ração consumida por frango, ganho de peso médio diário, conversão alimentar, taxa de mortalidade, peso final e Índice de eficiência produtiva (IEP), e assim analisou-se o desempenho produtivo dos lotes.

O consumo de ração total por ave foi obtido por meio da mensuração do consumo de ração total do lote dividido pelo número de aves entregues no frigorífico. O ganho de peso médio diário foi determinado pela divisão do peso médio do lote pela sua idade, em dias. A conversão alimentar foi calculada com a divisão da quantidade média de ração consumida pelo peso final médio das aves. A taxa de mortalidade foi obtida por meio da contagem de aves mortas naturalmente e das aves descartadas. O peso final foi estimado com a pesagem do total de aves dividido pelo número de aves encaminhadas para o abate. Por fim, o IEP foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$IEP = \frac{(\text{Peso vivo (kg)} \times \%\text{Viabilidade*})}{(\text{Idade em dias} \times \text{Conversão alimentar})} \times 100$$

*Percentual de aves sobreviventes

Também foram comparados 2 tratamentos com três repetições para todas as variáveis descritas anteriormente, com exceção do IEP.T1: Genética COBB e T2: Genética ROSS.

Efetuou-se a análise de variância, com a aplicação do teste de médias Tukey a 5% para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados. Para efetuar a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística para microcomputadores – SANEST.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 CONVERSÃO ALIMENTAR

Conforme o gráfico 01, foi avaliado a conversão alimentar de 11 lotes de frangos de corte, em um aviário na região do Alto Uruguai Gaúcho, no período de 19 de abril de 2016 até dia 02 de abril de 2018.

Gráfico 01: Dados da granja sobre a conversão alimentar de 11 lotes de frangos de corte.

O lote que apresentou a melhor conversão alimentar foi o de número 8. Trata-se de um lote de machos da linhagem COBB, desenvolvido no período compreendido entre 7 de julho até 22 de agosto de 2017.

### 3.2 GANHO DE PESO MÉDIO DIÁRIO

Conforme o gráfico 02 foi avaliado o ganho de peso médio diário de 11 lotes de frangos de corte na região do Alto Uruguai Gaúcho, no período de 19 de abril de 2016 até o dia 02 de abril de 2018.

Gráfico 02: Dados da granja sobre o ganho de peso médio diário de 11 lotes de frangos de corte.

O lote que apresentou o melhor ganho de peso médio diário foi o de número 8. Trata-se de um lote de machos da linhagem COBB, desenvolvido no período compreendido entre 7 de julho até 22 de agosto de 2017.

### 3.3 IDADE DE ABATE

Conforme o gráfico 03 foi avaliado a idade de abate de 11 lotes de frangos de corte na região do Alto Uruguai Gaúcho, no período de 19 de abril de 2016 até o dia 02 de abril de 2018.

Gráfico 03: Dados da granja sobre a idade de abate de 11 lotes de frangos de corte.

O lote que apresentou a maior idade de abate foi o de número 10. Trata-se de um lote de machos da linhagem ROSS, desenvolvido no período compreendido entre 13 de novembro de 2017 e 04 de janeiro de 2018.

3.4 ÍNDICE DE EFICIÊNCIA

Conforme o gráfico 04 foi avaliado o índice de eficiência de 11 lotes de frangos de corte na região do Alto Uruguai Gaúcho, no período de 19 de abril de 2016 até o dia 02 de abril de 2018.

Gráfico 04: Dados sobre o índice de eficiência de 11 lotes de frangos de corte

O lote que apresentou o melhor índice de eficiência foi o de número 8. Trata-se de um lote de machos da linhagem COBB, desenvolvido no período compreendido entre 7 de julho até 22 de agosto de 2017.

3.5 TAXA DE MORTALIDADE

Conforme o gráfico 05, foi avaliada a taxa de mortalidade de 11 lotes de frangos de corte na região do Alto Uruguai Gaúcho, no período de 19 de abril de 2016 até o dia 02 de abril de 2018.

Gráfico 05: Dados da granja sobre a mortalidade de 11 lotes de frangos de corte.

O lote que apresentou o maior percentual de mortalidade foi o de número 10. Trata-se de um lote de machos da linhagem ROSS, desenvolvido no período compreendido entre 13 de novembro de 2017 e 04 de janeiro de 2018.

3.6 PESO AO ABATE

Conforme o gráfico 06 foi avaliado o peso de abate de 11 lotes de frangos de corte na região do Alto Uruguai Gaúcho, no período de 19 de abril de 2016 até o dia 02 de abril de 2018.

Gráfico 06: Dados da granja sobre o peso de abate de 11 lotes de frangos de corte.

O lote que apresentou o maior peso ao abate foi o de número 8. Trata-se de um lote de machos da linhagem COBB, desenvolvido no período compreendido entre 7 de julho até 22 de agosto de 2017.

3.7 CONSUMO DE RAÇÃO/FRANGO

Conforme o gráfico 07 foi avaliado a quantidade de ração consumida de 11 lotes de frangos de corte na região do Alto Uruguai Gaúcho, no período de 19 de abril de 2016 até o dia 02 de abril de 2018.

Gráfico 07: Dados da granja sobre o consumo de ração de 11 lotes de frangos de corte.

O lote que apresentou o maior consumo de ração por frango foi o de número 9. Trata-se de um lote de machos da linhagem ROSS, desenvolvido no período compreendido entre 14 de setembro até 30 de outubro de 2017. O lote com o menor consumo de ração por frango foi o de número 1. Era um lote de fêmeas da linhagem COBB. Este lote foi criado entre 1 de março e 18 de abril de 2017.

Avaliando-se todos os gráficos apresentados, observa-se que os lotes de machos, tanto da linhagem COBB como da linhagem ROSS, apresentaram um melhor desempenho em todos os índices técnicos avaliados em relação aos lotes de fêmeas.

3.8 COMPARAÇÃO DE LINHAGENS

Conforme a tabela 01 efetuou-se a análise de variância, com a aplicação do teste de médias Tukey a 5% para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados**.**

Tabela 1 – Índices técnicos de lotes de frangos de corte das linhas ROSS e COBB.

| Genética | CA (g) | GPMD (g) | Mortalidade (%) | Consumo de ração (kg) | Peso final (Kg) | Sexo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ROSS | 1,72[a] | 64,00[a] | 3,45[a] | 5,27[a] | 3,110[a] | M, F,M* |
| COBB | 1,69[a] | 63,96[a] | 2,01[b] | 5,05[a] | 2,945[a] | M, F,M* |
| CV (%) | 7,45 | 6,42 | 6,45 | 7,42 | 4,94 | |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. *Lote misto

Observa-se que os índices de conversão alimentar (CA), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração e peso final, não apresentaram diferenças significativas entre as linhagens COBB e ROSS.

Lana et al. (2001), não observaram significância estatística na conversão alimentar quando as aves foram alojadas durante um período de 42 dias de idade. Santos et al. (2000), ao avaliarem quatro tipos de cama (cepilho de madeira,

casca de arroz, casca de café e sabugo de milho triturado) no desempenho de frangos de corte, também não observaram efeito significativo no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

Conforme Carvalho Filho et al. (2014) Aves alojadas em galpão com nebulização obtiveram maior (P<0,05) consumo médio diário de ração e maior ganho de peso médio diário, em relação às aves alojadas em galpão sem nebulização, contudo, a conversão alimentar e a viabilidade da criação não diferiram (P>0,05) em função do ambiente.

A taxa de mortalidade observada neste experimento, apresentou diferença significativa, com um maior percentual de mortalidade na linhagem ROSS. Um fator bastante importante a ser considerado é de que os lotes da linhagem ROSS apresentaram alto percentual de descarte nas duas primeiras semanas, devido a serem lotes em que apresentaram grande desuniformidade das aves.

## 5. CONCLUSÕES

Para conversão alimentar um lote de machos da linhagem COBB, o desenvolvido no período compreendido entre 7 de julho até 22 de agosto de 2017 de destacou dos demais. O mesmo lote apresentou também o melhor ganho de peso médio diário, peso de abate e índice de eficiência.

Para idade de abate, um lote de machos da linhagem ROSS foi abatido com maior idade. O lote da linhagem ROSS também apresentou a pior taxa de mortalidade.

O lote de maior (pior) consumo de ração, foi da linhagem ROSS.

No que se relaciona a análise estatística, o único índice que apresentou diferença significativa entre as linhagem COBB e ROSS, foi a taxa de mortalidade, observando-se o pior desempenho da linhagem ROSS.

## 1. REFERÊNCIAS

AVIAGEM; Frango Objetivos de Desempenho. Disponível em: <http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross308FrangosObjetivosDesempenho12PT.pdf> Acesso em 25 de junho de 2018.

COBB500. Disponível em: <http://www.cobb-vantress.com/languages/guidefiles/7df1f9a1-c867-4290-bd36-3aeb0ba48d25_pt.html>. Acesso em 18 de junho de 2018.

CARVALHO FILHO, Domingos Urquiza de; FIGUEIREDO, Agustinho Valente de ; LIMA, Daniela Cristina Pereira ; SILVA, Melina da Conceição Macêdo da ; COSTA, Elvania Maria da Silva ; LIMA, Vânia Batista de Sousa. Dietas com diferentes densidades nutricionais para frangos de corte mantidos em ambientes com e sem nebulização. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, v.15, n.2, p.297-307 abr./jun., 2014.

DE ZEN, SERGIO: Evolução da avicultura no Brasil. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0969140001468869743.pdf>. Acessado 12 de maio de 2018.

LANA, G. R. Q.; SILVA JUNIOR, R. G. C.; VALERIO, S. R.; LANA, A. M. Q.; BASTO, E. C. G. Efeito da densidade e de programas de alimentação sobre o desempenho de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1258-1258, 2001.

MARTH, CLAUDIA. Desempenho zootécnico em diferentes sistemas de criação de frangos de corte. Disponível em: <https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/cibea2016/255.pdf>. Acessado 15 de maio de 2018.

OLIVEIRA, LUIZ: Desempenho de frango de corte em aviários convencional e aviários dark house. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/57056110de972.pdf>. Acessado 12 de maio de 2018.

RODRIGUES, WESLEY; Evolução da agricultura de corte no Brasil. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/EVOLUCAO.pdf>. Acessado em: 28 maio 2018.

SANTANA, D.C; A origem da avicultura. Disponível em: <http://www.agricolaepecuaria. com.br/2008/08/origem-da-avicultura.html>. Acessado em: 12 de maio de 2018.

SANTOS, E. C.; COTTA, J. T. B.; MUNIZ, J. A.; FONSECA, R. A.; TORRES, D. M. Avaliação de alguns materiais usados como cama sobre o desempenho de frangos de corte. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 24, n. 4, p. 1024-1030, 2000.

TORRETTA, MARCELO. Fatores que afetam a conversão alimentar em frangos de corte. Disponível em: <http://www.agroceresmultimix.com.br/blog/fatores-que-afetam-conversao-alimentar-em-frangos-de-corte/>. Acessado 21 de maio de 2018.

WATANABE, GUSTAVO. O desenvolvimento da avicultura no Brasil e as tendências para os próximos anos. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/50816/R%20-%20E%20-%20GUSTAVO%20EIJI%20WATANABE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado 12 de maio de 2018.

## 2. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE DA LINHAGEM COBB

**Josiele Carla Zacharczuk**
**Amito José Teixeira**
**Daniela dos Santos de Oliveira**
**Antonio Sergio do Amaral**
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
**Vinícius Gustavo Lira Borsa**
**Mauro Antonio de Almeida**
**Sandra Piovesan**
**Ricati Lima Majewski**
**Patrícia Tussi**

*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil

*e-mails: josiele-zacharczuk@hotmail.com; amito@uricer.edu.br; danielaoliveira@uricer.edu.br; maurodealmeida@uricer.edu.brasamaral@uriecer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; vinilira196@gmail.com; 044440@aluno.uricer.edu.br, 093705@aluno.uricer.edu.br, ptussi@uricer.edu.br.*

***Resumo:*** *A avicultura de corte passou por inúmeras transformações ao longo de sua história até atingir o nível atual. Um dos principais desafios é controlar o ambiente interno dos aviários. A avaliação é fundamental, pois, identifica o resultado das ações realizadas no manejo dos frangos no aviário. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de três lotes de frangos de corte da linhagem Cobb no sistema convencional, do 1° até o dia de abate com tempo aproximado de 45 dias. Foram coletadas, em uma propriedade rural localizada no município de Getúlio Vargas – RS, informações referentes à quantidade de pintinhos alojados, ração consumida, frangos eliminados e mortos, idade do lote e número de animais encaminhados para o abate e a partir dessas informações, determinar o desempenho produtivo de cada lote. Os resultados obtidos no estudo concluem que em períodos mais frios do ano há aumento no consumo de ração e tem melhores médias de ganho de peso médio diário. O pior desempenho de mortalidade foi no lote alojado no período com temperaturas mais elevadas. Entretanto o peso final das aves e a conversão alimentar foram similares em todos os tratamentos. O estudo pode contribuir com o aperfeiçoamento das práticas de manejo adotadas em aviários da região para a melhoria do desempenho produtivo de frangos de corte.*

***Palavras chave:*** *Avicultura, Conversão alimentar, Ganho de peso médio diário.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Marques & Souza (2011) um dos ramos do agronegócio brasileiro que tem repercutido nacional e internacionalmente é a avicultura de corte.

A avicultura de corte passou por inúmeras transformações até chegar ao patamar atual. Esta evolução iniciou com a domesticação da espécie *Gallus gallus* ocorrida há aproximadamente 8.000 anos no continente asiático. Logo depois os Celtas facilitaram a disseminação das galinhas pela Europa até a idade do ferro, onde se acredita que foi o maior período de dispersão destas aves no continente Europeu (SANTANA, 2008).

De acordo com Albino e Tavernari (2012) o Brasil ocupa a primeira posição do ranking dos maiores produtores e exportadores de carne de frango. Para alcançar os excelentes índices de produção, é necessário aplicar com eficiência e conhecimento as técnicas disponíveis. De maneira geral, considera-se o manejo inicial dos pintinhos como decisivo para o sucesso zootécnico da criação. Entretanto, por melhor que seja o manejo na fase inicial, ele não pode ser negligenciado nas fases seguintes. Portanto, não há uma fase mais importante que a outra. Existem, sim, manejos diferenciados para cada fase, e qualquer falha em alguma delas comprometerá todo o lote.

A temperatura ambiente é considerada o fator físico de maior efeito no desempenho de frangos de corte, já que exerce grande influência no consumo de ração e, com isto, afeta diretamente o ganho de peso e a conversão alimentar destes animais. Aves submetidas a temperaturas ambientais fora da zona de termoneutralidade respondem com comportamentos alimentares e atitudes físicas características. Ao elevar a temperatura corporal, em função de aumento na temperatura ambiental, as aves aumentam a frequência respiratória e reduzem o consumo de ração, na tentativa de manter a temperatura corporal dentro de limites fisiológicos. É sabido que o consumo médio da água geralmente corresponde à duas vezes o consumo alimentar. Entretanto, essa relação aumenta em condições de temperaturas extremamente altas. O consumo alimentar é mais crítico no calor, devido aos níveis mais baixos de ingestão, que reduzem o consumo ideal de nutrientes (LANA et al., 2000).

Segundo Maia et al., (2010) a determinação do desempenho produtivo de frangos de corte permite quantificar a eficiência das técnicas utilizadas na criação e realizar as correções necessárias para a melhoria do desempenho. O desempenho reprodutivo do lote é determinado a partir da análise dos valores de conversão alimentar, ganho de peso e taxa de mortalidade dos frangos.

O frango de corte da linhagem Cobb é eficiente, possui uma menor conversão alimentar, melhor uniformidade do frango de corte para processamento, melhor taxa de crescimento e a capacidade de se desenvolver com nutrição de baixa densidade e menor preço. Em conjunto, essas características proporcionam ao Cobb uma vantagem competitiva do menor custo por quilograma (COBB, 2007).

A avaliação a ser realizada é fundamental na produção, pois, possibilita identificar o resultado das ações realizadas no alojamento dos frangos de corte no aviário. Sendo assim com base no exposto sobre toda a evolução e conquistas do setor avícola até o atual momento, e diante do desafio de aumentar a produtividade do sistema atual e manter a competitividade, o presente estudo tem como objetivo determinar o desempenho produtivo de três lotes de frangos de corte. Os dados foram coletados referentes aos meses de fevereiro, junho e outubro de 2017.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um aviário convencional de um produtor no ano de 2017, em que os lotes foram alojados em diferentes épocas. O aviário está localizado no interior do município de Getúlio Vargas no norte do Rio Grande do Sul.

O clima na cidade é quente e temperado. O clima é classificado como Cfa segundo Köppen e Geiger (2018). Em Getúlio Vargas a temperatura média é 18,2 °C. Tem uma pluviosidade média anual de 1773 mm. Nos meses de fevereiro e março a média de temperatura mínima foi de 18°C e a máxima 26°C. Em junho e julho a mínima foi 9°C e a máxima 19°C. Em outubro e novembro a mínima foi de 13°C e a máxima de 24°C.

O galpão está orientado no sentido Leste-Oeste, com 14 metros de largura e 135 metros de comprimento, totalizando 1890 m². A cobertura do galpão é de telha cerâmica, onde as laterais são cercadas por telas e o sistema de climatização utilizado é composto por ventiladores e nebulizadores que são acionados quando a temperatura do ar atingia 25 °C.

Os tratamentos testados foram:

T1: Lote alojado no mês de fevereiro

T2: Lote alojado no mês de junho

T3: Lote alojado no mês de outubro

Nos lotes avaliados foi utilizado a maravalha como material de cama. Durante o experimento foi utilizado o programa de luz conforme a empresa Agrodanieli estabeleceu. Procurou-se promover temperatura de conforto térmico para as aves, considerando cada fase de vida. Água e ração foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. O programa de alimentação consistiu de cinco tipos de ração: pré-inicial, inicial, crescimento 1, crescimento 2 e acabamento.

Para a determinação do desempenho produtivo das aves, foram realizadas coletas de dados de três lotes de frangos machos, da linhagem Cobb, no ano de 2017 em diferentes épocas. Cada coleta foi efetuada durante aproximadamente 45 dias (tempo aproximado para a produção de cada lote). Os lotes foram acompanhados durante todo o alojamento na obtenção de informações referentes à quantidade de pintinhos alojados, ração consumida, frangos eliminados e mortos, idade do lote e número de animais encaminhados para o abate. Para obter o peso vivo das aves, realizou-se a pesagem semanal com 3 repetições de 20 animais por meio de amostragem aleatória e no último dia de alojamento, para a determinação do peso final, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. Diariamente, o número de aves mortas e eliminadas foram registrados para a determinação da taxa de mortalidade. No último dia de vida, os frangos foram submetidos ao jejum alimentar pré-abate por seis horas. Após esse período as aves foram encaminhadas para o abatedouro.

Com base nos dados coletados foram determinados: o consumo de ração total por ave, ganho de peso médio diário, conversão alimentar, taxa de mortalidade e peso final e, com base nesses dados analisou-se o desempenho produtivo dos lotes.

O consumo de ração total por ave foi obtido pela mensuração do consumo de ração total do lote dividido pelo número de aves entregues no frigorífico. O ganho de peso médio diário foi obtido com a divisão do peso médio do lote

pela sua idade, em dias. A conversão alimentar foi calculada por meio da divisão da quantidade média de ração consumida pelo peso final médio das aves. Já a taxa de mortalidade foi obtida por meio da contagem de aves mortas naturalmente e das aves eliminadas por serem fracas, doentes ou raquíticas. Por último o peso final foi estimado com a pesagem das aves no dia do carregamento.

Procedeu-se a análise de variância, com a aplicação do teste de médias Tukey a 5% de probabilidade de erro para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados. Para efetuar a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística para microcomputadores – SANEST.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados de acordo com as variáveis respostas analisadas.

### 3.1 CONSUMO DE RAÇÃO TOTAL POR AVE

O consumo de ração total por ave foi estimado por meio da divisão do consumo total de ração do lote pelo número de aves entregues no frigorífico (Tabela 1).

Tabela 1. Avaliação do consumo de ração total por ave de lotes de frango de corte em três épocas.

| Tratamentos | Consumo de ração total por ave (kg) |
|---|---|
| T1 | 4,82 ab |
| T2 | 4,89 b |
| T3 | 4,50 a |
| CV = 2,47 % | |

No T3 observou-se aumento na média de consumo de ração, tendo diferido significativamente do lote que foi alojado no mês de outubro, mas não apresentou diferença significativa em relação ao lote que foi alojado em fevereiro. A redução no consumo de ração em períodos mais quentes está de acordo com Goldflus et al. (1997), o qual relatou que ao se elevar a temperatura ambiente, o consumo de alimentos pelas aves é reduzido na tentativa de manter a homeotermia.

### 3.2 GANHO DE PESO MÉDIO DIÁRIO

O ganho de peso médio diário foi calculado por meio da divisão do peso final médio das aves pelo número de aves avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação do ganho de peso médio diário por ave de lotes de frango de corte em três épocas.

| Tratamentos | Ganho de peso médio diário por ave (kg) |
|---|---|
| T1 | 0,071 a |
| T2 | 0,069 ab |
| T3 | 0,067 b |
| CV= 1,17 % | |

O ganho de peso médio diário apresentou maior média no tratamento 1 (fevereiro) e no tratamento 2, que não diferiu significativamente do tratamento 3. Menores temperaturas aumentam o consumo e, consequentemente o ganho de peso diário (Tabela 2). Durante os períodos mais quentes do ano, as aves saem da sua zona de conforto térmico, prejudicando o consumo e a homeostase, diminuindo o ganho de peso. Já, nos períodos mais frios do ano, ocorre menor variação de temperatura em favor da zona de conforto das aves, favorecendo o consumo e ganho de peso (GOLDFLUS et al., 1997). Os resultados obtidos no experimento ocorreram possivelmente devido às boas condições de ambiente proporcionado pela disponibilidade de equipamentos no aviário (aquecimento e resfriamento).

### 3.3 CONVERSÃO ALIMENTAR

A conversão alimentar foi calculada por meio da divisão do consumo de ração pelo peso final das aves conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Avaliação da conversão alimentar por ave de lotes de frango de corte em três épocas.

| Tratamentos | Conversão alimentar |
|---|---|
| T1 | 1,533 a |
| T2 | 1,540 a |
| T3 | 1,593 a |

| | |
|---|---|
| CV= 2,45 % | |

Avaliando os resultados obtidos pode-se observar que nos três tratamentos não houve diferença significativa nos resultados da conversão alimentar (Tabela 3). Lana et al. (2000) ao objetivarem estudar os efeitos da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho produtivo de frangos de corte verificaram que o programa de restrição alimentar influenciou a conversão alimentar dos frangos de corte aos 42 dias de idade.

3.4. TAXA DE MORTALIDADE

A taxa de mortalidade (Tabela 4) foi obtida pela contagem do total de aves mortas até o dia do carregamento, dividido pelo número de aves alojadas.

Tabela 4. Avaliação da taxa de mortalidade de lotes de frango de corte em três épocas.

| Tratamentos | Taxa de mortalidade (%) |
|---|---|
| T1 | 2,120 a |
| T2 | 2,500 b |
| T3 | 2,890 c |
| CV= 2,41 % | |

A porcentagem de mortalidade das aves estudadas apresentou sua maior média no tratamento 3, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 4). Nos períodos mais quentes do ano ocorrem as maiores médias de temperatura. Goldflus et al. (1997) relataram que, embora as condições mais favoráveis em galpões automáticos e semiautomáticos, pode ocorrer falta de controle de ambiência, gerando um aumento na porcentagem de mortalidade, agravado nos períodos mais quentes do ano. Os resultados obtidos no experimento demonstraram que a disponibilidade de equipamentos de resfriamento (ventiladores e nebulizadores) minimizaram a mortalidade das aves no período mais quente do ano (fevereiro).

3.5. PESO FINAL POR AVE

O peso final por ave foi obtido dividindo-se o peso total pelo número de aves avaliadas (Tabela 5).

Tabela 5. Avaliação do peso final por ave de lotes de frango de corte em três épocas.

| Tratamentos | Peso final por ave (kg) |
|---|---|
| T1 | 3,133 a |
| T2 | 3,180 a |
| T3 | 2,849 a |
| CV= 8,31 % | |

Avaliando os resultados obtidos pode-se observar que nos três tratamentos não houve diferença significativa nos resultados do peso final. Diferindo de Ferreira de Souza et al. (2001) que em seu trabalho constataram que o peso vivo das aves apresenta maior média nos períodos mais frios do ano. No caso de temperaturas mais altas, as aves consomem menor quantidade de ração e, portanto, têm o ganho de peso reduzido em função do menor consumo. Os resultados do experimento apontam que não houve variação significativa no peso final das aves, possivelmente devido as boas condições de conforto térmico estabelecidas no desenvolvimento dos lotes.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo permitem concluir que: no período mais frio do ano observou-se aumento na média de consumo de ração, porém não houve diferença significativa em relação ao lote que foi alojado em fevereiro. As melhores médias de ganho de peso médio diário foram obtidas nos lotes alojado em fevereiro e junho. A conversão alimentar foi similar em todos os tratamentos. O pior desempenho de mortalidade foi observado no lote alojado no mês de outubro. O peso final das aves foi similar em todos os tratamentos.

## 3. REFERÊNCIAS

ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, p.1-14, 2011.

ACCUWEATHER. Disponível em: https://www.accuweather.com/pt/br/getuliovargas/40907/november-weather/40907?monyr=11/1/2017. Acesso em: 31 mai. 2018.

ALBINO, LFT; TAVERNARI, FC. Produção e manejo de frangos de corte. Criação de frangos de corte. Viçosa: UFV, 2012. Cap. 7, p. 37-60.

ARAÚJO, J.S.; OLIVEIRA, V.; BRAGA, G.C.; Desempenho de frangos de corte criados em diferentes tipos de cama e taxa de lotação. Ciência Animal Brasileira. v.8, n.1, p.59-64, 2007.

AVICULTURA INDUSTRIAL. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/aplicacao-de-cloro-notratamento-de-agua-na-avicultura/20140130-094242-x296>. Acesso em: 01 jul. 2018.

AVILA, V.S.; JAENISCH, F.R.F.; PIENIZ, L.C.; LEDUR, M.C.; ALBINO, L.F.T.; OLIVEIRA, P.A.V.; Produção e manejo de frangos de corte. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1992. (Documentos, 28).

CELLA, P.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ALBINO, L.F.T.; FERREIRA, A.S.; GOMES, P.C.; VALERIO, S.R.; APOLÔNIO, L.R. Planos de nutrição para frangos de corte no período de 1 a 49 dias de idade mantidos em condições de conforto térmico. Revista brasileira de zootecnia. v.30, n.2, p.425-432, 2001.

CLIMATE.DAT.ORG. (Dados climáticos para cidades mundiais). CLIMATE. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/43632/> Acesso em: 04 mai. 2018.

COBB. Generations of progress. Disponível em: <http://www.cobbvantress.com/products/cobb500>. Acesso em: 19 de abril de 2018.

COBB. Disponível em: https://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/CobbManual-Frango-Corte-BR.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2018.

COTTA, T. Frangos de corte: criação, abate e comercialização. Sistemas de produção, planejamento e avaliação de desempenho. Viçosa: Aprenda Fácil Eitora, 2003. Cap. 2, p. 33-47.

EMBRAPA. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). EMBRAPA. Disponível:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/arvore/CONT000gkr3tep702wx5ok0wj9yquhfpcg9w.html> Acesso em: 31 mai. 2018.

ENGLERT, S. Avicultura: tudo sobre raças, manejo e alimentação. Produção de frangos para corte. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 1998. p.94-151.

GARMUS, S.P.; GROFF, A.M.; Desempenho produtivo de frangos de corte – um estudo de caso. Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar. n.9, p.4-8, 2015.

IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná). Disponível em: < http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/redereferencia/pp_modnortefrango.pdf >. Acesso em: 31 mai. 2018.

LANA, GRQ. Avicultura. Criação e manejo de frango de corte. Campinas: Livraria e Editora Rural Ltda, 2000. p. 41-61.

LANA, G.R.Q.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; LANA, A.M.Q. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição da carcaça de frangos de corte. Revista brasileira de zootecnia. v.29, n.4, p.1117-1123, 2000.

LANA, G.R.Q.; SILVA, R.G.; VALERIO, S.R.; LANA, A.M.Q.; CORDEIRO, E.C.G.B. Efeito da densidade e de programas de alimentação sobre o desempenho de frangos de corte. Revista brasileira de zootecnia. v.30, n.4, p.1258-1265, 2001.

MORTARI, A.C.; ROSA, A.P.; ZANELLA, I.; NETO, C.B.; VISENTINI, P.R.; BRITES, L.B.P. Desempenho de frangos de corte criados em diferentes densidades populacionais, no inverno, no sul do brasil. Ciência Rural. v.32, n.3, p.493-497, 2002.

SOUZA, V.L.F.; BURANELO, G.S.; GASPARINO, E.; CARDOZO, R.M.; BARBOSA, M.J.B. Efeito da automatização nas diferentes estações do ano sobre os parâmetros de desempenho, rendimento e qualidade da carne de frangos de corte. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 32, n. 2, p. 175-181, 2010.

## 4. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CONTAGEM DE BACTÉRIAS TOTAIS EM POSTO DE RECEBIMENTO DE LEITE

**HORN, Maria Eduarda Molossi**
Uri Campus de Erechim
dardicamhorn@gmail.com
**PICOLI, Geison José Wilk de**
Faculdade Ideau
geisonwilk@gmail.com
**SANTOS, Patricia Fátima dos**
Faculdade Ideau
patriciasantos1025@hotmail.com
**TOMKELSKI, Indianara Cecilia**
Faculdade Ideau
inditomkelski@gmail.com
**UTTEICH, Nicolas Gabriel**
Faculdade Ideau
nicoutteich@hotmail.com
**BISOL, Natália Paola**
Uri Campus de Erechim
nataliabisol@hotmail.com
**DA SILVA, Paola Cristina Zucci**
Uri Campus de Erechim
paolazucchi@gmail.com
**LUCINI, Ricardo Luiz**
Uri Campus de Erechim
ricardolucini42@gmail.com
**SALVI, Miguel Henrique**
Uri Campus de Erechim
miguisalvi@hotmail.com
**TOMAZONI, Maiara Tatiana**
Uri Campus de Erechim
maiara_t@hotmail.com

**Abstract.** *The low quality of raw milk results in products with unsatisfactory quality, reduction and use and durability of dairy products. To monitor the quality of raw milk, the total bacterial count (CBT) is used to quantify the total number of bacteria per mL of milk. However, somatic cell counts are used as the main indicator of udder health in lactating cows, being used as a monitoring tool for subclinical mastitis in dairy herds. The type of milk conditioning may also interfere with the counting of thermoduric substances which are manifested in more quantity in conditioning brass than in tank cooling. For the present study, the sampling was carried out in different places in the milk reception, being: Swab of 03 tanks from different trucks used to transport milk from rural properties to the receiving station; Swab hose used at the receiving station when unloading the product from these trucks; Product swab stored directly in the milk storage bin; Swab hose used to load the milk for transportation to the place of industrialization. After incubation of the plates, the bacterial colonies were counted and the plaque was used, which had a better visualization of the colonies, obtaining a satisfactory result.*

***Keywords:*** *total bacterial count, milk, contamination*

## 1. INTRODUÇÃO

A baixa qualidade do leite cru resulta em produtos com qualidade insatisfatória, redução e aproveitamento e durabilidade de produtos lácteos. Para monitorar a qualidade do leite cru utiliza-se a contagem bacteriana total (CBT) processo que quantifica o número total de bactérias por mL de leite, a contagem bacteriana varia de acordo com as condições de higiene de ordenha, a limpeza dos equipamentos e utensílios, a temperatura adequada de resfriamento e a higiene pessoal dos ordenadores.

O trabalho teve como propósito realizar a contagem total de bactérias do leite cru em diferentes pontos de um posto de recebimento do produto e de seus possíveis contaminantes ambientais

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A importância da bovinocultura de leite tem aumentado grandemente no cenário nacional. Suas instalações para matrizes, terneiras e reprodutores são melhorados para que a produção cresça sem prejuízos. O manejo, seja de ordenha ou de alimentação, cuidados no transporte e acondicionamento do leite e outros cuidados sanitários são utilizados para que a atividade se torne lucrativa e para que seus resultados sejam satisfatórios (PARENTE, 2010).

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística), no período de 2000 a 2015, a produção cresceu 72,3% cerca e 35 bilhões de litros; rebanho aumentou 28,7% e a produtividade 33,8%, mas ainda é considerado um dos menores índices entre os principais países produtores de leite (BRASIL, 2012).

A produção leiteira no Brasil teve como marco principal em 29 de março de 1952, quando Getúlio Vargas assinou o Decreto 30.691, aprovando o Regulamento
de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Riispoa), aplicado nos estabelecimentos que realizam comércio interestadual ou internacional, tornando obrigatória à pasteurização, bem como a inspeção e o carimbo do Serviço de Inspeção Federal (SIF) (BRASIL, 2012).

O decreto também introduziu a classificação de estabelecimentos de produtos de origem animal como: granja leiteira onde seram produzidos, beneficiados, armazenado e expedido leite do tipo A para consumo humano. Posto de refrigeração estabelecimento intermediário entre propriedades rurais e usinas de beneficiamento onde há seleção, filtração, refrigeração e armazenamento de leite cru. Usina de beneficiamento, ao pré-beneficiamento, beneficiamento onde há expedição de leite para consumo humano direto e fabricação de seus derivados, sendo permitida a expedição de leite fluido a granel de uso industrial. Fabrica de laticínios onde há somente fabricação e expedição de derivados do leite. Queijarias estabelecimentos rurais que fabricam queijos com leite produzido na propriedade. Á partir de 2017 o Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) institui como padrão mínimo de CBT 100.000 UFC/ml (BRASIL, 2017).

### 2.1 Microflora bacteriana presente no leite

Na microbiota contaminante do leite cru estão incluídas espécies de bactérias Gram-negativas dos gêneros Pseudomonas, Achromobacter, Aeromonas, Serratia, Alcaligenes Chromobacterium e Flavobacterium e bactérias Gram-positivas dos gêneros Bacillus, Clostridium, Corynebacterium, Streptococcus, Lactococcus, Leuconostoc, Lactobacillus e Microbacterium (PITHAN & SILVA, 1996).

Quando as contagens de microrganismos aumentam, há um incremento na porcentagem de termodúricos, cocobacilos Gram negativos, inclusive coliformes em detrimentodos outros micrococáceos. Grande variação no número de termoúricos e psicrotróficos no leite cru tem sido relatada e atribuída á diferenças regionais, sazonais, ou associada a métodos de limpeza e de infecção dos equipamentos nas diferentes propriedades (BRARNLEY & MCKINNIN, 1990).

Espécies do gênero Micrococcus e Microbacterium são termodúricos oriundos exclusivamente dos equipamentos de ordenha, quando a contagem destes microorganismos é alta significa que a carga contaminante foi grande indicando deficiências na higienização dos equipamentos (BRARNLEY & MCKINNIN, 1990).

O tipo de condicionamento do leite também pode interferir na contagem de termodúricos que se manifestam em maior quantidade em latões de condicionamento do que sobre refrigeração em tanques. As bactérias Gram negativas como Pseudomas sp coliformes e outros cocobacilos não são termodúricas, portanto sua presença no leite pasteurizado pode significar recontaminação, pasteurização inadequada ou alta carga microbiana na matéria prima. Muitas das bactérias Gram negativas apesar de não sobreviverem á pasteurização produzem enzimas proteolíticas termoestáveis, que além de interferir no processo de coagulação do leite, produzem metabólicos que conferem sabor e odor desagradáveis no produto (SANTOS, 1998).

Segundo a Instrução Normativa do Ministério de Agricultura e Abastecimento (MAPA) os limites básicos da contagem de células somáticas (CCS) correspondem á 400.000 cls/ml, e da CBT 100.000 UFC/ml (BRASIL, 2017).

### 2.2 Contagem de bactérias totais

As bactérias ambientais estão presentes em ambientes onde a vaca está presente, como a pele, afluentes e piquetes de pastoreio. As bactérias acabam por penetrar no úbere da vaca e invadem o interior da glândula mamária e como resposta imunitária o organismo produz glôbulos brancos e os envia para o sangue no intuito de neutralizar as bactérias invasoras. O alto índice de CCS no leite de uma vaca individual ou de um tanque de resfriamento de leite indica que bactérias invadiram seu úbere (SANTOS, 1998).

Existe uma correlação positiva entre a resposta inflamatória e o aumento da concentração das células somáticas no leite. Desta forma, quando a inflamação é branda há menor concentração de células e as alterações sofridas pelo úbere e

o leite são de difícil detecção, continuando com suas aparências normais, originando quase em sua totalidade uma infecção subclínica ou mastite subclínica. Quando a resposta inflamatória é intensa há maior concentração de células somáticas, e outras substâncias que passam do sangue para o leite, tais como os íons de cloro e sódio, enzimas e outras que interferem com maior ou menor intensidade nas propriedades físico-químicas do leite (WILLIANS, 2014).
A alta contagem de células somáticas está associada com a perda da produção de leite, o úbere que jamais foi infectado normalmente possui entre 20,000 a 50,000 células/ml. A CBT quantifica o número total de bactérias presentes no leite cru, mas não identifica grupos específicos de bactérias que se proliferam quando o produto é mal armazenado e ocorrem falhas na produção e ordenha. A CBT é realizada em placas com incubação de 48 horas a 32°C (JAY, 2002).

## 3. MATERIAIS E METÓDOS

Para o presente estudo realizou-se a amostragem em diferentes locais no recebimento do leite, sendo estes: Swab de 03 tanques oriundos de diferentes caminhões utilizados para o transporte do leite das propriedades rurais até o posto de recebimento; Swab da mangueira utilizada no posto de recebimento no momento de descarregamento do produto oriundo destes caminhões (Amostras A, B e C); Swab do produto armazenado diretamente no silo de estocagem do leite (Amostra D); Swab da mangueira (Amostra E) utilizada para o carregamento do leite para o transporte ate o local de industrialização (Figura 1).

Figura 1- Coleta de amostra em posto de recebimento. Fonte: O AUTOR, 2018

Para a coleta foram utilizados swabs estéreis com meio de transporte de Stuart, para uma maior durabilidade das bactérias, as coletas foram feitas durante o horario normal de trabalho, com utilização de luvas para evitar riscos de contaminação cruzada.

As amostras foram levadas para o laboratório de bioquímica da Faculdade IDEAU na cidade de Getúlio Vargas – Rio Grande do Sul/ Brasil , sendo logo em seguida processadas pela técnica de CBT (MAPA), que consiste em homogenizar e diluir a amostra em água peptonada, após isso foi coletado 1 ml e homogenizado em um tubo de ensaio, que diluíu-se outras 6 vezes para buscar-se uma solução livre ou com número menor de bactérias na sexta amostra. Após feita a diluição das amostras, foi coletado 1 ml de cada amostra com a ajuda de um pipetador calibrado e colocado em placas de Petry, logo após foi colocado no meio PCA morno e realizado movimentos em forma de 8 sobre a bancada para que houvesse a homogenização das bactérias no meio.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a incubação das placas foi realizada a contagem das colônias de bactérias, utilizou-se a placa que tivesse melhor visualização das colônias (Figura 2).

Na tabela 1 abaixo é possível observar os resultados encontrados na contagem total de bactérias nos meios de cultura.

| Pontos de coleta | UFC | CBT/ml |
|---|---|---|
| **Caminhão 1** | 0,79 x $10^4$ | 7.900 |
| **Caminhão 2** | 3,2 x $10^4$ | 32.000 |
| **Caminhão 3** | 0,29 x $10^4$ | 2.900 |
| **Silo (D)** | 15,9 x $10^4$ | 159.000 |
| **Mangueira Descargue 1 (A)** | 1,52 x $10^4$ | 15.200 |
| **Mangueira Descargue 2 (B)** | 1,09 x $10^4$ | 10.900 |
| **Mangueira Descargue 3 (C)** | 7,7 x $10^4$ | 77.000 |
| **Mangueira Carregamento (E)** | 1,11 x $10^4$ | 11.100 |

Tabela 1: Demonstrativo dos valores da contagem bacteriana total

No processo realizado, foi proporcionado conhecimento de todos os métodos de coleta e contagem de bactérias, desde a microbiologia, observando as bactérias e suas identificações. A disciplina de bioquímica demonstrando os metabolismos e a nutrição das bactérias e a fisiologia dos diferentes animais e suas características.

Após a realização dos testes e da contagem das colônias, foi observado uma grande quantidade de bactérias no silo de estocagem e mangueira de carregamento, por serem os últimos locais passados pelo procedimento de coleta e do posto. Nos caminhões a maior quantidade de bactérias estava presente no veículo 2, seguido pelo 1 e com menor quantidade no caminhão 3. Segundo Rezer (2010), na indústria de alimentos, a contaminação microbiológica representa alto perigo para a saúde do seu consumidor, sendo o leite e outros produtor lácteos importantes veículos para microrganismos associados a doenças de origem alimentar.

Através de Tronco (2010), há duas origens de contaminação do leite: endógena (animais enfermos, leite sai do úbere contaminado) e exógena (contaminação após a saída do úbere), sendo esta última, principal causa dos altos números obtidos com o presente trabalho.

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o presente trabalho indicou altos níveis de contaminação do caminhão 2 em relação aos outros dois caminhões analisados, que provavelmente é decorrente á falta de higiene e manejo do motorista ou do próprio produtor, o mesmo ocorre nas mangueiras de descargue sendo a magueira 3 a que mais indica níveis de contaminação que é decorrente da falta de higienização. O silo é o ponto mais contaminado, pois nele é depositado todo o leite dos caminhões e devido ao contato com as mangueiras contaminadas, as bactérias destes locais acabam se alojando em um mesmo lugar.

## 6. REFERÊNCIAS

Ciência e Tecnologia de Alimentos. Qualidade microbiológica do leite determinada por características de produção, 2009. Acessado em 13 de março de 2018.

Ciência e Tecnologia de Alimentos. Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicrotróficas proteolíticas, 2006. Acessado em 13 de março de 2018.

EMBRAPA. Sistemas de produção de leite para diferentes regiões do país, 2011. . Disponível em: http://www.cnpgl.embrapa.br/sistemaproducao/. Acessado em: 25 de março 2018.

EMBRAPA. Contagem de células somáticas, 2011. . Disponível em: http://www.cnpgl.embrapa.br/sistemaproducao/4721-contagem-de-c%C3%A9lulas-som%C3%A1ticas. Acessado em: 25 de março 2018.

Instituto de economia agrícola. Nova Instrução Normativa n. 7 para a Qualidade do Leite, 2016. Acessado em 19 de março de 2018.

IBGE. INDICADORES DA PECÚARIA, 2017. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201701caderno.pdf. Acessado em: 4 de abril 2018.

JAY, M.J. Microbiologia de alimentos. 6° ed., 2005. Acessado em 11 de março 2018.

Ministério da agricultura pecuária e comércio. Decreto 9.013, 2017. Acessado em 01 de maio de 2018.

## AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL PARA VACAS DE LACTAÇÃO INTRODUZIDAS EM SISTEMA *FREE STALL*

**Paola Carla Valduga**
paolavalduga1@hotmail.com
**Grazielle Campos Bury**
graziellebury@hotmail.com
Uri Campus de Erechim;
**Fernanda Dariva**
fe.dariva@hotmail.com
**Laura Bettega Degerone**
laurabdeggerone@gmail.com
**Ângela Signor Backes**
angela.fernanda.b@gmail.com
Uri Campus de Erechim;
**Ticiany Maria Dias Ribeiro**
ticianyr*ibeiro@ideau.com.br*
**Elisandra Andréia Urio**
*el*isandr*a*-urio@ideau.com.br
**Elisandra M. Freschi**
elisandra@ideau.com.br
**Lisiane Borges Silva**
lisiane@ideau.com.br
**Rogério Parizzi**
rogerioparizzi@ideau.com.br
**Thiago Rosés**
veterinarioroses@gmail.com
**Gabriel Ribas Pereira**
gabrielpereira@ideau.com.br
IDEAU – Getúlio Vargas

**RESUMO:** O manejo de animais exerceu um papel importante para evolução da humanidade, através de inúmeras espécies. Com o passar do tempo a produção animal tornou-se intensiva, com o aumento da demanda, através do crescimento populacional. O objetivo foi realizar observação dos animais durante 24 horas, estas divididas em dois dias de 12 horas cada. Classificou-se 10 bovinos para a pesquisa, cada animal usando fitas de diferentes cores para a sua identificação. Na primeira avaliação que aconteceu no dia 9 de março foi observada apenas a rotina dos animais e na última análise no dia 18 de março foi feita com base nos objetos introduzidos para enriquecer o ambiente. Houve diversas ocasiões em que os animais interagiram com os objetos oferecidos. O coçador foi utilizado diversas vezes, em alguns momentos os animais procuravam o som da música e se aproximavam do aparelho de som, prestando a atenção por alguns minutos.
**Palavras-chave**: animal, bem-estar, bovinos

**Abstract.** *The management of animals played an important role for the evolution of humanity, through numerous species. Over time animal production has become intensive, with increasing demand, through population growth. Animals were observed for 24 hours, divided into two days of 12 hours each. Ten animals were classified for research, each animal using ribbons of different colors. In the first evaluation that happened on March 9, only the routine of the animals was observed and in the last analysis on March 18 was made based on the objects introduced to enrich the environment. There were several occasions when the animals interacted with the objects offered. The scraper was used several times, at times the animals searched for the sound of the music and approached the stereo, paying attention for a few minutes.*
**Keywords:** animal, welfare, bovine

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil o leite é um dos produtos de maior destaque da produção agropecuária, possuindo a vantagem do clima adequado e um extenso território que favorece a criação de bovinos, sendo assim um mercado em constante crescimento, em que a cada ano a sua produção só aumenta. A bovinocultura leiteira está presente em todo território nacional, sendo que no Rio Grande do Sul há o destaque da criação familiar em pequenas propriedades.

Contudo, apesar da alta demanda do consumo do leite, o mercado está se tornando cada vez mais exigente, muitas vezes levando em consideração o bem-estar dos animais de produção. Sendo assim, novas práticas de manejo estão sendo implantadas em diversas propriedades, visando o aperfeiçoamento de sua produção e da lida com os animais através dessa adesão de novas ideias e tecnologias.

O bem-estar animal consiste em proporcionar ao animal, seja ele de produção ou não, uma melhoria em sua qualidade de vida, um manejo que respeite suas necessidades biológicas e um ambiente digno e livre de sofrimento. Visando o cuidado e saúde das vacas leiteiras, o enriquecimento ambiental busca amenizar o estresse sofrido nos bovinos de produção.

Foi avaliado no Distrito de Capo-erê-RS, 10 bovinos de leite de raça Holandesa, no período entre 9 e 18 de março de 2018. No dia 9 foi feito apenas a observação de 12 horas, sem a introdução de objetos, acompanhando apenas a rotina, e no dia 18 utilizou-se três objetos para o enriquecimento ambiental, sendo eles: coçador artesanal feito com cordas, musica clássica e litros furados com ração dentro para incentivá-las a deitar.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 BEM- ESTAR ANIMAL

O manejo de animais exerceu um papel importante para evolução da humanidade, através de inúmeras espécies. Com o passar do tempo a produção animal tornou-se intensiva, com o aumento da demanda, através do crescimento populacional. A partir da década de 70 iniciou a aplicação de animais em confinamento, do qual os animais não tiveram tempo para a adaptação em uma mudança tão brusca, e a partir daí começou a percepção de que os animais para produzir mais precisavam ter menos estresse e melhores condições. Desde então a proliferação de doenças e transtornos comportamentais tornaram-se comuns no meio (BROOM, FRASER, 2010). O bem-estar animal relaciona-se a uma condição de vida melhor ao animal, do qual abrange certos padrões, e através disso podemos medir a sua qualidade de vida. Todos os animais têm um tipo de comportamento que pode ser alterado através do stress (PEREIRA, ALMEIDA E SOARES, 2004).

> O bem-estar animal refere-se a uma boa ou satisfatória qualidade de vida, que inclui parâmetros predeterminados como: sentimentos, saúde e prazer. Ou seja, trata-se de um estado do ser em certo momento e da forma com a qual ele se adapta ao ambiente. Desta maneira é possível medir o grau de bem-estar como adequado ou pobre. Toda espécie animal apresenta um comportamento normal padrão. A presença de comportamentos anormais pode ser considerada um indicador de que o bem-estar desses seres vivos não está sendo alcançando. Sabe-se que o cativeiro é um fator limitante, e leva muitos animais a terem um comportamento diferenciado, até neurótico, sendo considerado um comportamento anormal, já que os locais onde permanecem confinados não proporcionam a eles as mesmas condições que seu habitat natural, interferindo no seu bem-estar (PEREIRA, ALMEIDA E SOARES, 2014).

Ocorreram grandes mudanças em relação ao bem-estar animal, o próprio manejo precisa de uma compreensão, onde esse conhecimento era apenas alcançado com o tempo (BROOM, FRASER, 2010).

#### 2.1.1 O BEM ESTAR NA BOVINOCULTURA LEITEIRA

Assim ressalta, Souza et.al, Nääs; Marcheto e Salgado (2004) que o Brasil contava com um rebanho de gado de leite em 1995 com aproximadamente 16,5 milhões de cabeças e constatou-se um aumento considerável em 2000, passando para 19,8 milhões.

Na bovino cultura leiteira tem se uma grande ligação entre gado e humano, principalmente nas atividades diárias como alimentação e ordenha. Entretanto qualquer fator que cause estresse animal, diminui a produção. (PULZ, 2013).

Assim destaca Pulz (2013), quanto aos problemas relacionados ao contato com o homem e a aversão às novidades, os autores chamam a atenção para a variação entre indivíduos. As experiências prévias, através da exposição gradual a situações estranhas, podem acostumá-los a estímulos que antes poderiam causar reações de fuga. Os autores afirmaram que bovinos em manejo constante e em contato íntimo com pessoas geralmente são menos estressados que aqueles que raramente veem pessoas ou que foram maltratados.

Ressalta PAZ (2012), na ótica da ciência do bem-estar animal, e através de sua compreensão, podemos fornecer conforto aos animais, ou seja, melhoria da sua qualidade de vida, visando elevação da produtividade, com baixo custo.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A observação consiste em um pequeno grupo de vacas leiteiras, que passaram por uma mudança de seu ambiente. Buscando aliviar o estresse causado, este estudo fará o uso das práticas de bem-estar animal para recuperar a confiança desses animais para que possam voltar a exercer os seus comportamentos naturais.

A propriedade possuía 20 animais, no qual cada uma produzia cerca de 21 litros de leite diário, totalizando no final de cada dia uma produção de 420 litros. Estes animais permaneciam em sistema de produção de semi-confinamento, onde no período da noite eles ficavam soltos em pastagem de *tifton* e durante o dia ficavam confinadas no *free stall*. A dieta era a base de silagem de milho e ração feita com farelo de soja extrusado, milho moído, farelo de trigo, N(nitrogênio) equilibrium, bicarbonato de Na(sódio) e alkamix.

Destes 20 animais foi avaliado 10 bovinos de leite de raça Holandesa, no Distrito de Capo-erê-RS, no período entre 9 e 18 de março de 2018. No dia 9 foi feito apenas a observação de 12 horas, sem a introdução de objetos, acompanhando apenas a rotina, e no dia 18 utilizou-se três objetos para o enriquecimento ambiental, sendo eles: coçador artesanal feito com cordas, musica clássica e litros furados com ração dentro para incentivá-las a deitar.

Com base de diversos estudos na área, foi realizado uso de música clássica durante a ordenha, junto a distrações envolvendo alimento e proteções em locais comumente usados pelos animais para se coçarem. Com seu resultado, foi analisada a produção desses bovinos e suas reações frente às atividades.

A reprodução dos animais ocorre por meio de inseminação artificial, gerando aproximadamente 13 crias por ano.

Os animais tinham sido introduzidos no sistema free stall há 45 dias, e demonstraram estresse, pois não deitavam nas camas e ficavam aglomeradas pelos cantos (Figura 1).

Figura 1: aglomeração dos animais em período de adaptação. Fonte: DARIVA, Fernanda. Distrito de Capo-erê-RS. IDEAU, 2018.

Na industrialização da agricultura o confinamento foi o caminho para reduzir trabalho, perda genética dos animais e ganhar espaço, colocando os animais sob fácil controle. Agravaram-se, então, os problemas de comportamento e bem-estar dos animais, como ressalta Souza (2005).

As vacas avaliadas foram diferenciadas com colares de tecido presos no pescoço, utilizando diferentes cores como: azul, rosa, vermelha, laranja, amarela, roxa, lilás, verde escuro, verde claro e verde água (Figura 2).

FIGURA 2: Identificação dos animais feito com tecido de diversas cores.
Fonte BURY, Grazielle Campos. Distrito de Capo-erê-RS. IDEAU, 2018.

Foi realizada observação dos animais durante 24 horas, estas divididas em dois dias de 12 horas cada. Classificou-se 10 bovinos para a pesquisa, cada animal usando fitas de diferentes cores. Na primeira avaliação que aconteceu no dia 9 de março foi observada apenas a rotina dos animais e na ultima analise no dia 18 de março foi feita com base nos objetos introduzidos para enriquecer o ambiente. A observação consiste em um pequeno grupo de vacas leiteiras, que passaram por uma mudança de seu ambiente. Buscando aliviar o estresse causado, este estudo fará o uso das práticas de bem-estar animal para recuperar a confiança desses animais para que possam voltar a exercer os seus comportamentos naturais.

O primeiro objeto a ser instalada foi o coçador feito de cordas de sisal, enrolado em um local já utilizado pelos animais para tal atividade. Sua função era amenizar quaisquer ferimentos e injúrias, tornando a atividade de coçar mais segura e agradável para os bovinos.

A música utilizada era uma coletânea de músicas clássicas, tocadas por um período de aproximadamente 10 horas próximo ao cocho das vacas. O objetivo era reduzir o estresse dos animais, que estavam estressados por conta da mudança de ambiente.

As vacas possuíam grande receio em deitarem nas novas camas, apenas descansando no pasto à noite. Para encorajá-las a experimentarem os leitos, foi usado como inspiração os brinquedos caninos da linha *Kong*, utilizando garrafas plásticas de dois litros com furos ao seu redor, preenchidas com ração. Os brinquedos foram postos nas camas, para que os animais explorassem o ambiente.

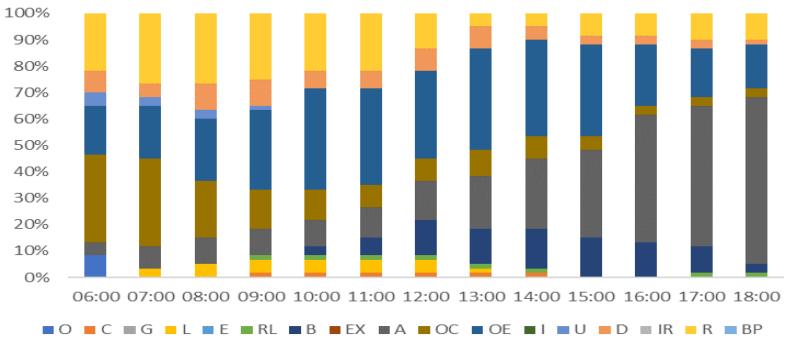
A avaliação foi realizada com observações e a anotação das atividades dos animais em um período de dez minutos cada.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira observação consistiu na avaliação da rotina dos animais, em um período de doze horas entre as seis da manhã e da noite. Sem fazer o uso do enriquecimento ambiental, para que assim pudéssemos compreender o seu comportamento e se havia algum nível de estresse dado o histórico de recente mudança de ambiente. As anotações eram feitas em intervalos de dez minutos, através da observação dos dez animais escolhidos para estudo.

O primeiro comportamento anormal observado foi que as vacas procuravam constantemente a companhia uma da outra, se amontoando pelos cantos e criando um aglomerado. Uma situação causada por não estarem habituadas aquele novo ambiente, permanecendo em ócio próximas uma das outras por um longo período, pois como ressalta Hurnik (1992), bem-estar animal é o "estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, caracterizado por condições físicas e fisiológicas ótimas e alta qualidade de vida do animal".

Os animais manifestavam parte de seus comportamentos naturais, sendo que as atividades mais praticadas era a de alimentação e ingestão de água, além de defecarem e urinarem normalmente. Entretanto, algumas estereotipias puderam ser observadas, tal como a lambedura e rodar de língua, sendo sinais de estresse. Assim observa Hötzel e Machado (2004) que estresse fisiológico é um dos principais indicadores usados na avaliação do bem-estar animal. Estresse pode, de maneira geral, ser considerado a resposta fisiológica do organismo a um estímulo do ambiente, na tentativa de manter a homeostasia



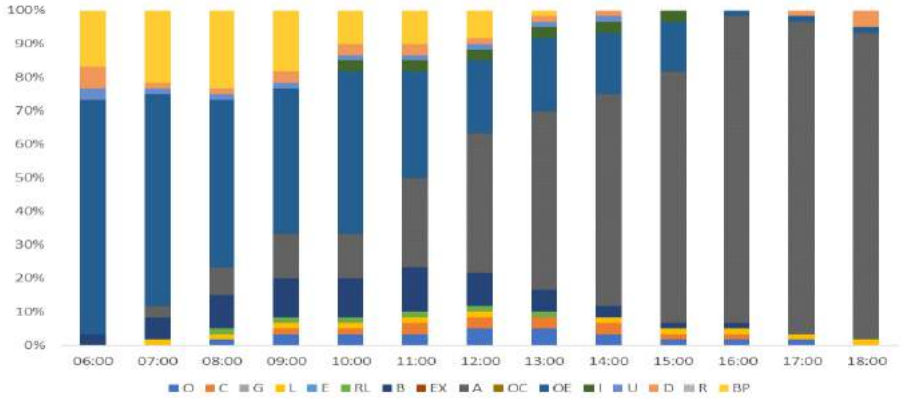

*O: Interação com o objeto; C: Coçar; G: Geofagia; L: Lambedura; E: Esfregação; RL: Rodar de língua; B: Beber; EX: Explorar o ambiente; A: Alimentação; OC: Ócio deitado; OE: Ócio em pé; I: Interação com animais; U: Urinar; D: defecar; IR: Irritabilidade; R: Ruminação; BP: Bater patas traseiras.
Figura 3: Gráfico do primeiro dia da observação. Fonte: DARIVA, Fernanda.

Outro fator que chamava a atenção, era que as vacas não se deitavam nas novas camas. Vez ou outra algumas se arriscavam colocar as patas dianteiras, mas não colocavam o corpo inteiro e muito menos se deitavam.

O segundo dia de observação foi feita nos mesmos horários e intervalo de anotação, mas desta vez fazendo o uso do enriquecimento ambiental (Figura 2). Foi criado um coçador com corda de sisal próximo ao cocho, introdução de brinquedos de plástico com ração dentro, inseridos nas camas e a introdução de música clássica. As soluções para os

problemas de bem-estar animal serão pertinentes de acordo com o caso, e devem necessariamente considerar, além dos animais, fatores como o bem-estar humano e o ambiente, como **citou Lund e Rocklinsberg(2001).**

Seus comportamentos naturais permaneceram os mesmos e quase na mesma proporção. Não ocorreu o fenômeno de aglomeração e as estereotipias tiveram a frequência diminuída, pois tinham um nível de estress mais baixo, denotando maior tranquilidade nos animais em comparação ao primeiro dia.




*O: Interação com o objeto; C: Coçar; G: Geofagia; L: Lambedura; E: Esfregação; RL: Rodar de língua; B: Beber; EX: Explorar o ambiente; A: Alimentação; OC: Ócio deitado; OE: Ócio em pé; I: Interação com animais; U: Urinar; D: defecar; IR: Irritabilidade; R: Ruminação; BP: Bater patas traseiras.
Figura 4: Gráfico do segundo dia de observação. Fonte: DARIVA, Fernanda.

Houve diversas ocasiões em que os animais interagiram com os objetos oferecidos. O coçador foi utilizado diversas vezes (Figura 5a), em alguns momentos os animais procuravam o som da música e se aproximavam do aparelho de som (Figura 5b), prestando a atenção por alguns minutos.

Figura 5 a): Animais utilizando coçador implantado na propriedade do Distrito de Capo- erê Fonte: VALDUGA, Paola Distrito de Capo-erê-RS. IDEAU 2018. b): Animal interagindo com a caixa de som. Fonte: BURY, Grazielle. Distrito de Capo-erê-RS. IDEAU 2018.

Os brinquedos de plásticos foram enchidos com farelo de soja, fazendo com que diversos animais arriscassem subir nas camas para explorar o objeto.

Assim ressalta Dukes (1996), preferências alimentares (seleção de alimento) é uma característica individual e inata, que é adquirida através da habilidade do animal em diferenciar entre os vários alimentos, através da visão, olfato e o mecanismo do sabor após a preensão da amostra desse alimento (Figura 6).

Figura 6: Animal interagindo com os litros. Fonte:VALDUGA, Paola. Distrito de Capo-erê-RS. IDEAU, 2018.

As 15:40, a vaca identificada com a fita verde claro deitou pela primeira vez a cama. Nas horas seguintes diversos outros animais perderam o medo do novo ambiente, deitando-se no *free stall* pela primeira vez. No total, cinco vacas deitaram-se após a introdução dos objetos (Figura 7).

Figura 7: Animais deitados em suas camas após a colocação dos litros para estimular elas a deitar. Fonte:VALDUGA, Paola. Distrito de Capo-erê-RS. IDEAU, 2018.

Com o enriquecimento ambiental, os animais antes assustados com o novo ambiente, sentiram-se seguros e calmos o bastante para que pudessem explorar e se familiarizar com o local.

## 4 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que o bem-estar promove uma qualidade de vida maior aos animais, quando tratados de uma forma correta, com comida e água em quantidade suficiente, apresentando melhorias como menos nivel de estress, diminui estereotipias, levando uma vida mais saudável, fisicamente e emocionalmente.
Os objetos introduzidos foram de grande valia ajudando-os na adaptação do sistema *free stall.*

Conclui-se que com os objetos de enriquecimento ambiental os animais demosntraram uma melhora significativa no seu comportamento, menos tempo ocioso e menos estereotipias, aumentando assim sua qualidade de vida e desempenho na produção.

## 5 REFERÊNCIAS

BROOM, Donald. FRASER, Andrew Ferguson. **Comportamento e bem estar animais domésticos.** Tradução Carla Forte Maiolino Molento. -4.. Ed. –Barueri, SP: Manole, 2010.

PAZ Taianna.**Avaliação de bem estar em vacas de lactação.** Diamantina. UFVJM, 2012. Disponivel em:< **file:///D:/Downloads/AVALIA%C3%87%C3%83O%20DE%20BEM-ESTAR%20EM%20VACAS%20EM%20LACTA%C3%87%C3%83O.pdf>** Acesso em: 20 de março de 2018.

Peters. Barbosa S. Pinheiro M. Machado A. Pereira. **Manejo aversivo em bovinos leiteiros e efeitos no bem-estar, comportamento e aspectos produtivos.** 2010. Disponovel em:<http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922010000300011>. Acesso em:19 de março. 2018.

PULZ, Renato Silvano. **Ética e bem-estar animal.** Canoas: Ed. ULBRA, 2013.

SOUZA, Silvia R. L. de. NAAS,Irenilza A. . MARCHETO, Francine G. SALGADO, Douglas D. **Análise das condições ambientais em sistemas de alojamento 'freestall' para bovinos de leite**. 2004. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662004000200020>. Acesso em: 26 de junho de 2018.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO REPRODUTIVO EM GRANJAS PRODUTORAS DE SUÍNOS QUE UTILIZAM DIFERENTES PRÁTICAS DE MANEJO

**Patrícia Tussi**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
ptussi@gmail.com
**Diego Morgan Dellagostin**
Médico Veterinário com ênfase em Suinocultura
Proprietário da empresa Suinocultura Dellagostin.
Linha Esperança Alta Aratiba/RS
**Daniela dos Santos de Oliveira**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
danielaoliveira@uricer.edu.br
**Mauro Antonio de Almeida**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
maurodealmeida@uricer.edu.br
**Gilberto Pereira**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
gilbertopereira@uricer.edu.br
**Tamires Duranti Gass**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
Tamiresdurantig6@gmail.com

***RESUMO:*** *Na criação de suínos, o manejo de matrizes durante o período de gestação pode ser feito de diferentes formas, utilizando baias individuais durante todo o período de gestação ou uso de baias coletivas, onde são alojadas de 12 a 16 matrizes por baia. Objetou-se comparar os índices reprodutivos das propriedades que utilizam estes diferentes sistemas de criação e para isso foi analisado quatro granjas de suínos, duas que possuem sistema de alojamento das fêmeas durante a gestação em baias individuais e duas em baias coletivas. Totalizou-se o acompanhamento de 3.080 matrizes, das quais foi observado o manejo reprodutivo de 429 matrizes, pois essas se apresentavam no período de cobertura para avaliação completa até o momento do parto. Dentre os 429 diagnósticos de prenhes realizados, 19 foram negativos. O intervalo desmame/cio (IDC) foi maior nas fêmeas alojadas em baias coletivas, bem como a taxa de repetição. Já a porcentagem de aborto foi maior para as matrizes alojadas em gaiolas individuais. Notou-se que em ambas as formas de confinamento é possível ter bons índices reprodutivos. A gestação coletiva é a tendência de futuro, pois tem a vantagem de garantir o bem-estar animal, sem comprometer significativamente os índices de produtividade.*
***Palavras-Chave****: bem-estar, matriz, reprodução.*

***ABSTRACT:*** *In the swine creation, the management of the matrices during the gestational period could be done in different ways, using individuals stalls during the whole gestational period or using collectives stalls, where are housed 12 to 16 matrices per stall. The project goal was to compare the reproductive indexes of properties that use those different sorts of creations, and to this end, it was analyzed four swine farms, two that had the system of house the females during the gestation in individuals stalls and two that house them in collective's stalls. Totalizing the monitoring of 3.080 matrices, of which was observed the reproductive management of 429 matrices, since these ones has presented in the covering period for complete evaluation until the delivery day. Among all 429 pregnancy's diagnoses that were done, 19 were negative. The weaning/estrus gap was higher in female housed in collective stalls, with lower repetition rates. The percentage of abortion was higher for matrices housed in individual cages. It was noticed that in the both confinement ways it is possible to have good reproductive indexes. The collective gestation is a future tendency, since has the advantage of provide the animal welfare, without substantially compromising the productive rates.*
***Keywords:*** *welfare, matrix ,reproduction.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos lideres mundiais na produção e exportação de suínos, produzindo 3,73 milhões de toneladas em 2017, ocupando o 4º lugar no *Ranking* mundial. Seu sistema produtivo é basicamente do tipo industrial confinado, com pequenos, médios e grandes produtores ligados diretamente, na maioria das vezes, à agroindústria (EMBRAPA, 2017).
Na criação de suínos, o manejo de matrizes durante o período de gestação pode ser feito de diferentes formas. O que utiliza baias individuais durante todo o período de gestação e o que faz uso de baias coletivas, onde são alojadas de 12 a 16 matrizes por baia.

No contexto da ciência do bem-estar animal, o manejo de matrizes suínas é um tema muito discutido, devido ao fato da grande maioria desses animais ser mantida em isolamento individual (gaiola) durante toda a gestação ou em parte dela. Assim, o uso de gaiolas passa a ser questionado em função da incapacidade de os animais realizarem exercícios e entrarem em contato com estímulos ambientais, o que está em desacordo com as cinco liberdades estabelecidas pelo comitê Brambell: virar-se, cuidar-se corporalmente, levantar-se, deitar-se e estirar seus membros (NUNES et al., 2011).

Mas atualmente, o tipo de alojamento mais utilizado para fêmeas gestantes e desmamadas é o de gaiolas individuais, amplamente usado em diversos países. Esse sistema permite a individualização do arraçoamento e facilita o diagnóstico do estro, e posterior inseminação artificial. No entanto, gera diferentes níveis de estresse, comportamentos agressivos e estereotipias. Além disso, as gaiolas individuais não permitem a expressão normal de comportamento das fêmeas, como o de girar em torno de seu próprio eixo e as interações sociais (PANZARDI, 2011). Segundo Silva (2008) a avaliação do bem-estar animal na exploração agropecuária pode envolver aspectos ligados às instalações, ao manejo e ao ambiente, como a distribuição de água e comida, possibilidade de movimento, descanso, contato entre animais, reprodução, temperatura, ventilação, luz, espaço disponível ou piso
As matrizes confinadas podem ter dificuldade de termorregulação, não podem interagir com as outras matrizes, nem se afastar de pessoas e estímulos potencialmente ameaçadores. Uma das respostas a essa falta de controle do ambiente é o comportamento estereotípico. A estereotipia é uma sequência repetida e invariável de movimentos sem um objetivo óbvio. Com frequência, em baias individuais de matrizes em gestação, observam-se comportamentos como o ato de morder as barras da cela, checar repetitivamente o cocho, mesmo sem alimento, pressionara chupeta do bebedouro obsessivamente, explorar o ambiente (fuçar), enrolar a língua, esticar o pescoço e observar o ambiente a sua volta. Esses são alguns exemplos de estereotipias, em até 80% do período de análise comportamental durante a luz do dia (PANDORFI, 2006).
O objetivo do trabalho foi de comparar os índices reprodutivos das propriedades que utilizam os diferentes sistemas de criação, para isso foi acompanhado quatro granjas de suínos, duas que possuem sistema de alojamento das fêmeas durante a gestação em baias individuais e duas em baias coletivas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição das granjas

O estudo foi realizado em quatro granjas de suínos abrangendo os municípios de Aratiba (A), Mariano Moro (MM), Severiano de Almeida (SV) e Faxinalzinho (F), localizados na Região do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul. As atividades realizadas foram referentes às visitas técnicas feitas nas propriedades, onde observou-se os manejos de gestação, tais como inseminações e manejo de cio. Após 28 a 35 dias de gestação, foi realizado o diagnóstico de prenhes através da ultrassonografia. Na maternidade acompanhou-se os partos e manejo dos leitões.

Em Aratiba, a granja é composta por 230 animais, incluindo matrizes e leitoas e dois machos para a detecção de cio. As instalações dividem-se em dois pavilhões, um apenas para a gestação e outro para a maternidade, tendo também uma fábrica de ração onde é produzido o alimento para os animais. Nesta propriedade, as matrizes passam todo tempo em celas individuais.

A granja localizada no município de Mariano Moro é composta por 1.200 matrizes, alocadas em quatro pavilhões. Um dos pavilhões é utilizado para coberturas individuais, onde as matrizes permanecem aproximadamente 35 dias após a inseminação, até a confirmação de gestação realizada por Ultrassonografia (US). O segundo pavilhão é composto apenas por baias coletivas, e os dois outros pavilhões são de maternidades.

No município de Faxinalzinho, a granja tem capacidade para 1.100 matrizes, distribuídas em 5 instalações: duas compostas por gestação coletiva, um galpão de gestação individual, para a inseminação e permanência por 35 dias. Após esse período as fêmeas são redirecionadas para as baias coletivas. A propriedade dispõe também de dois pavilhões para maternidade

Com uma capacidade para 550 matrizes e três machos para detecção de cio, localizada em Severiano de Almeida, a granja trabalha no ciclo 21 dias e sua estrutura física é composta por tres galpões para gestação individual e dois galpões para maternidade.

### 2.2 Diagnóstico de gestação

Durante a primeira visita foi acompanhado o momento das coberturas. Nessa oportunidade, pode-se observar o manejo de cada granja, como detecção de cio e inseminações artificiais. Todas as granjas adotam o método de inseminação artificial pós-cervical, que se dá pela introdução de um cateter até o corpo do útero.

A confirmação de gestação foi realizada através de ultrassonografia, utilizando o aparelho portátil MSU1 VET com transdutor mecânico setorial. As matrizes foram submetidas ao diagnóstico entre os 28º e 33º dias de prenhes, pois é o momento em que o feto está na fase de embrião, sendo envolvido por uma grande quantidade de líquido amniótico, dando mais clareza para o diagnóstico.

### 2.3 Coleta e avaliação dos dados

Para término da avaliação, foi acompanhado o setor de maternidade para observar os partos, podendo ver o manejo realizado no decorrer do processo, observando os cuidados com os leitões recém-nascido de cada granja.

Para coleta de dados, teve-se também acesso ao *software Agriness* S2, utilizado por todos os integrados da cooperativa, onde são inseridos todos os dados das granjas, tais como número de matrizes, compra, venda, coberturas, número de leitões nascidos e desmamados, entre outras informações, assim auxiliando o suinocultor e a cooperativa a ter total controle de produção.

Além do acompanhamento do manejo reprodutivo, foi observado todo o ciclo de produção de UPL (Unidade Produtora de Leitões). Todos os setores de gestação, maternidade e creche foram visitados, observando as particularidades de cada granja para chegar ao produto final. Foi realizado também o planejamento de produtividade estipulando metas e alternativas de melhor produtividade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado o manejo reprodutivo de 3.080 matrizes, das quais foi observado que 429 matrizes estavam aptas para cobertura e para avaliação completa até o momento do parto, destas 410 apresentaram resultado confirmativo de prenhez. Pôde-se observar assim a importância do diagnóstico de gestação pois, as dezenove matrizes que não apresentaram diagnóstico positivo para gestação foram descartadas, estas estariam consumindo alimento sem estar produzindo, e muitas vezes deixando de serem recobertas até o momento do parto.

No presente estudo, observou-se que as granjas com gestação coletiva tiveram em média um melhor percentual de nascidos vivos, menor número de natimortos e maior número de mumificados, como pode ser observado na Tabela I.

Tabela I. Resultados obtidos no setor de maternidade representando a produção de cada granja visitada.

| GRANJA | NACIDOS VIVOS (%) | NATIMORTOS (%) | MUMIFICADOS (%) |
|---|---|---|---|
| MM- baias coletivas | 12,53 | 0,65 | 0,49 |
| F- baias coletivas | 13,28 | 0,32 | 0,09 |
| A- baias individuais | 11,88 | 0,64 | 0,33 |
| SA- baias individuais | 12,87 | 0,89 | 0,08 |

O alojamento de animais é um fator que afeta diretamente o bem-estar. Animais alojados em confinamento extremo apresentam comportamento exploratório redirecionado que pode resultar em problemas graves, como é o caso do canibalismo em suínos. Matrizes alojadas em gaiolas apresentam estereotipias oriundas da ociosidade. Como estereotipia se entende como comportamentos repetitivos sem finalidade aparente, tais como enrolar a língua, mascar, engolir ar e morder barras. A frustração representada por estes comportamentos altera o balanço hormonal dos animais em razão do estresse crônico. Assim, associado à privação de atividades e movimentos, os animais apresentam maior predisposição a doenças, a problemas reprodutivos e à morte súbita (RIBAS et al., 2014).

Perini (2017) analisando o comportamento bioclimático de matrizes suínas alojadas em baias individuais e coletivas, com ênfase no bem-estar animal na fase de gestação notou que resultados obtidos nos parâmetros produtivos como repetição de cio, aborto, números de partos por fêmeas por ano e quantidade de leitões mumificados das matrizes criadas em gaiolas não diferiram dos resultados das matrizes criadas em baias coletivas (CS). Entretanto, apresentaram resultados diferentes nos números de nascidos totais e de nascidos vivos, sendo os menores números das matrizes criadas em gaiolas. A Tabela II demonstra que o intervalo desmame/cio (IDC) foi maior nas fêmeas alojadas em baias coletivas, bem como a taxa de repetição. Já a porcentagem de aborto foi maior para as matrizes alojadas em gaiolas individuais quando compara com as matrizes em baias coletivas.

Tabela II. Desempenho observando no setor de gestação expondo os principais índices reprodutivos.

| GRANJA | % DE REPETIÇÃO DE CIO | % ABORTOS | IDC |
|---|---|---|---|
| MM- baias coletivas | 10,00 | 1,33 | 5,38 |
| F- baias coletivas | 19,37 | 0,52 | 5,82 |
| A- baias individuais | 7,50 | 0 | 5,36 |
| SA- baias individuais | 2,08 | 2,08 | 4,87 |

Nas granjas acompanhadas que desenvolvem a gestação em celas individuais, percebe-se que alguns produtores seguem esta linha de pensamento, ou por falta de informação ou por limite das pocilgas. Já outros, veem a gestação coletiva como um futuro, e pensam em se adaptar nas ampliações de suas granjas. Tanto os produtores que pretendem adequar suas instalações às exigências da EU, quanto os que já adotaram essa prática, pensam em melhorar a qualidade de vida dos animais, juntamente com o propósito de melhorar o produto, garantindo acesso aos mercados que exigem esse sistema de criação.

Nas matrizes, as altas temperaturas no interior das instalações influenciam negativamente a eficiência reprodutiva. Em locais onde as temperaturas no verão foram superiores a 24°C, verificou-se diminuição da fertilidade e alta porcentagem de retorno ao cio (SILVA, 2008).

O intervalo de parto é definido como o tempo transcorrido entre um parto e o seguinte. Este índice pode ser calculado em termos médios de rebanho ou para fêmeas individualmente. Apenas pela análise dos dados médios desse intervalo, podem-se avaliar problemas com a eficiência reprodutiva dos animais de uma determinada propriedade. O maior ou menor valor do intervalo médio de parto de uma matriz é determinante para o maior ou menor número de leitões nascidos, desmamados e, consequentemente, vendidos (CAVALCANTE NETO et al, 2009). Nas fêmeas acompanhadas, pode-se observar que o IDC foi maior para as matrizes que gestaram em baias coletivas.

## 4. CONCLUSÃO

Pode-se observar o manejo reprodutivo de suínos em sistema de criação onde a gestação é realizada em baias coletivas, e comparar com granjas que utilizam o sistema de criação onde as fêmeas em gestação são mantidas em baias individuais. Pode-se observar que em ambas as formas de confinamento é possível ter bons índices reprodutivos. A gestação coletiva é a tendência de futuro, pois tem a vantagem de garantir o bem-estar animal, sem comprometer significativamente os índices de produtividade.

## 5. REFERÊNCIAS

CAVALCANTE-NETO A., LUI J. F., SARMENTO J. L. R., & RIBEIRO M.N., 2009. Efeitos genéticos e não-genéticos sobre o intervalo de parto em fêmeas suínas no Sudeste do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.** 61: 280-285..

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Central de Inteligência de Aves e Suínos. https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas

NUNES, M. L. A., 2011 **Bem-estar de matrizes suínas em gestação: Estimativa da condição de conforto térmico, análise comportamental e produtiva no alojamento coletivo com uso de cama**. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba – SP.

PANDORFI, H., 2005 **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: Suinocultura de precisão**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PANDORFI, H., SILVA, I. D., CARVALHO, J. D., & PIEDADE, S. M. S., 2006. Estudo do comportamento bioclimático de matrizes suínas alojadas em baias individuais e coletivas, com ênfase no bem-estar animal na fase de gestação. **Engenharia Rural**, v. 17, n. 1, p. 1-10.

PANZARDI, A.; MELLAGI, A.P., et al. Ganho de peso de porcas gestantes associado ao comportamento em baias e à uniformidade da leitegada**. Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1562-1569, nov. 2011.

PERINI, J. E. G. N., 2017. **Comportamento, bem-estar e desempenho reprodutivo de matrizes suínas gestantes alojadas em baias coletivas e em gaiolas individuais**. Tese (doutorado)- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

RIBAS, J.C.R.; NEVES, J.E.G.; MAURO, P.A.; LEMME, C.F; RUEDA, P.; CIOCCA, J.R.P Gestação coletiva de matrizes suínas: visão brasileira da utilização de sistemas eletrônicos de alimentação. Agricultura.gov.br 2014. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/boas-praticas-e-bem-estar-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/folder-uso-de-sistema-automatizado-de-alimentacao-de-matrizes-suinas.pdf. Acessado em 12/04/2018

SILVA, I. J. O. D., PANDORFI, H., & PIEDADE, S. M. D. S. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1319-1329, 2008..

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DE SISTEMA DE CONFINAMENTO TIPO COMPOST BARN

**Sandra Mara Piovesan**
**Michele Barp**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
sandrapiovesan02@mail.com
miche_barp@hotmal.com
**Dieizon Caleffi**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
dieizoncaleffi2016@gmail.com
**Gabriel Fassina**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
gabrielfassina@gmx.com
**Gabriel Tortelli**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
gabrieltortelli77@gmail.com
**Mateus Mariga Presotto**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
mateusmarigapresotto@gmail.com
**Daniela dos Santos de Oliveira**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
danielaoliveira@uricer.edu.br
**Mauro Antonio de Almeida**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
maurodealmeida@uricer.edu.br
**Juliana Barbosa**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
julianabarbosa@uricer.edu.br
**Amito Teixeira**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
amito@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O contexto de produção leiteira vem se desenvolvendo ao logo dos anos e a busca pela qualidade e produtividade tem feito produtores pensar de forma diferente sobre o manejo de seus animais. A estrutura de Compost Barn tem ganhado adeptos devido a influência direta na melhoria dos indíces de sanidade e produtividade dos animais confinados. Também optam pelo sistema de confinamento, produtores com área de terra menor, pois o mesmo permite acomodar um número maior de animais por área, quando comparado ao Sistema de produção a pasto ou semi-confinado. A estrutura de Compost Barn consiste em um barracão coberto que aloja os animais em uma camada de maravalha, que juntamente com os dejetos orgânicos dos animais se torna uma cama de compostagem. A presente pesquisa buscou analisar a qualidade da cama de compostagem em um compost barn localizado no interior do município de Barão de Cotegipe, RS, assim como a inteferência do clima de inverno na manutenção da cama de compostagem e influência da dieta nos principais problemas apresentado pelas vacas confinadas, como por exemplo acidose.*

***Palavras chave: bem estar, animal, compostagem***

***Abstract****: The context of milk production has been developing over the years and the search for quality and productivity has made producers think differently about the management of their animals. The structure of Compost Barn has gained adherents due to direct influence in improving the sanity and productivity indices of confined animals. They also opt for the confinement system, producers with smaller land space, because it allows to accommodate a larger number of animals per area, when compared to the Pasture or semi-confined production system. The Compost Barn structure consists of a covered shed that lodges the animals in a layer of shade, which along with the organic waste from the animals becomes a compost bed. The present research sought to analyze the quality of the compost bed in a compost barn located in the interior of the municipality of Barão de Cotegipe, RS, as well as the winter climate in*

*the maintenance of the compost bed. And diet influence on the main problems presented by confined cows, such as acidosis.*

***Key words: welfare, animal, compost.***

## 1. INTRODUÇÃO

O Compost Barn foi desenvolvido na década de 80 nos EUA e é popular em países como Israel que lidera a produção de leite por animal, no Brasil chegou por volta de 2011, quando alguns produtores decidiram apostar no sistema de confinamento visando aumentar a produção com qualidade. Esse modelo de sistema é formado por uma grande área de cama comum para circulação das vacas, corredores de alimentação e bebedouros. O solo após compactado é revestido por uma camada de maravalha que no decorrer do tempo se mistura com os dejetos dos animais formando a cama de compostagem.

Com intuit de proporcionar o bem estar para os animais faz-se uso de ventiladores de grande porte para manter a temperatura equilibrada nos dias de calor e auxiliar na secagem da cama. O compost barn quando manejado de forma correta traz muitos beneficios para os produtores, como por exemplo, o controle da sanidade dos animais. O fato das vacas permanecerem sobre a cama de compostagem em tempo integral, contribui na redução e controle dos indices de mastite, pois fica pouca matéria orgânica aderida ao úbere e aos tetos dos animais, melhorando a qualidade do produto final produzido pelas vacas confinadas, aumentando assim a lucratividade do produtor tendo em vista que esse atributo interfere no valor final do leite.

A nutrição das vacas confinadas tem grande influência no exito desse tipo de estrutura, o fato do animal não ter acesso a alimentação em piquetes, por exemplo, faz com que seja necessário adicionar fonte de fibra junto com a dieta fornecida. Também se faz necessário o uso de um tamponante para evitar que os animais entre em acidose.

Objetivou-se com essa pesquisa analisar a influência do clima da região na qualidade da cama de compostagem e a consequencia de trocas de nutrientes fornecidos para as vacas e intereferência na produtividade.

## 2. METODOLOGIA

A busca pelo bem estar animal associada a produtividade faz com que produtores invistam em novas tecnologias, e o compost barn vem ganhando espaço por proporcionar que os animais confinados expressem seu instinto animal, aliando alta produtividade, quando bem manejado. Em Sistema de confinamento os animais ficam o dia todo em galpão coberto, tendo um espaço de deslocamento sobre a cama de compostagem que é a área de circulação comum para todas as vacas confinadas. Também compõe esse tipo de estrutura, pista de alimentação constituida de concreto onde os animais se posicionam para receber a alimentação e paralelo a pista de volumoso encontra-se os bebedouros com água.

O compost barn analisado foi construido no ano de 2014 e é composto por um rebanho de 60 vacas em lactação da raça holandesa, que circulam um espaço médio de 12m² por animal, 40 cm de altura de cama de compostagem, uma pista de alimentação com dimensão de 3,5 m e três bebedouros disponíveis em paralelo a pista que se fornece o volumoso e de costas para a cama de circulação.

O local se encontrava com dificuldades na secagem da cama de compostagem pelo fato da entrada de água de chuva e por estar em período de inverno, também pelas vacas terem passado por um processo de acidose que contribuiu para que a cama ficasse mais umida já que ocorre a desidratação e a perda de água nas fezes.

Figura 1: confinamento tipo compost barn Barão de Cotegipe Rs

## 3. RESULTADOS

Devido a escolha do local da estrutura o compost barn analisado tem interferencia de umidade no período de inverno dificultando a secagem da cama de compostagem. Outro fator são as abas da estrutura serem curtas e a falta de cortinas que em dias com chuva e vento e parte da água entram pelas laterais pela frente ou pelo fundo do compost barn.

Os aspectos térmicos tem interferencia direta no bem estar animal. Para evitar alteração nos parâmentros fisiologicos os animais manejados em piquetes por exemplo, precisam de um local com sombra para se proteger dos picos de sol em dias quentes. Já os confinados necessitam que a cama de compostagem esteja seca e bem revolvida pois é onde passam todo o tempo. As variáveis microclimáticas tem grande influência na qualidade da cama de compostagem interferindo de forma positiva ou negativa no bem estar das vacas confinadas. Em lugares com longo período de umidade, como é o caso da região norte do Rio Grande do Sul, manter a cama de compostagem seca é um grande desafio no período de inverno.

Para Youself (1985), Roenfeld (1998) Azevedo et al. (2005) a homeotermia por meio de trocas térmicas é mantida quando a faixa de temperatura fica entre 5 á 25ºC considerada ótima para bovinos de produção leiteira. Dalcin (2013) relata que a umidade relativa ideal está entre 50 a 70% e no caso de confinamento de animais os índices podem ter aumentos devido a produção de vapor de água e influência da taxa de passagem do ar e pelo fato da influência da capacidade dissipação de calor para o ambiente ( DAHL, 2010).

Figura 2: Compost Barn Barão de Cotegipe RS.

A nutrição para vacas confinadas tem interferência direta do sucesso no compost barn. O fato do animal não ter acesso direto a uma fonte de fibra, como quando soltos em piquetes, faz com que o proprietário tenha por rotina oferecer esse nutriente junto com a alimentação fornecida. Fazer uma adaptação a cada troca de dieta também influência no resultado positivo do confinamento, pois uma troca súbita pode ocasionar quadros de acidose.

Acidose ruminal é causada por um disturbio decorrente da excessiva ingestão de alimentos com alta taxa de carboidrato que ocasiona o aumento da produção de ácidos graxos volateis e ácido lactico no rumem do animal, essa acidificação causa a mortalidade de protozoários e parte das bactérias que são fundamentais para flora ruminal.

A revista rural pecuária estima que 10% a 15% dos animais em confinamento apresentam essa doença, cuja morbidade pode atingir entre 1% a 50% e a mortalidade, quando não tratados a tempo pode chegar até 90% dos casos e, mesmo os animais tratados, cerca de 40% pode morrer decorrente deste mal digestivo.

Os sintomas clínicos que os animais apresentam é diarreia osmótica e param de ingerir alimentos por cerca de dois a três dias, isso em casos leves. Já em casos mais avançados pode ocorrer taquicardia, desidratação do animal além de depressão, o que demanda um tratamento intensivo para recuperação do animal. O fato de ocorrer diarreia nos animais confinados faz com que a cama de compostagem fique mais úmida devido as fezes conter uma maior quantidade de liquido, isso em períodos de inveno por exemplo, dificulta a manutenção da qualidade da cama de compostagem.

Damasceno (2012) aponta que o processo de compostagem consiste na ação de microrganismos aeróbicos que interferem sobre matéria organica que são trasnformado em compostos químicos, fazendo assim a liberação de calor, vapor de água e dióxido de carbono.

Existem diferentes tipos de materiais que podem vir a confeccionar uma cama de compostagem de um Sistema de confinamento, maravalha, serragem, casca de café ou soja,palha de arroz ou trigo entre outros. Como requisito o material escolhido deve apresentar capacidade de absorver água boa disponibilidade de carbono para funcionar o Sistema do compostagem, e também ter disponibilidade na região e com preço acessível (Shane et.al, 2010).

É importante pontuar que quanto maior a lotação de animais mais frequente é a recarga do material escolhido para compostagem, em condições adequadas podem variar de 05 a 10 cm em intervalos de 1 a 5 semanas

(BARBERG et.al 2007). Alguns períodos do ano se faz necessario uma reposição em períodos mais curtos devido a inteferencia da chuva e das termperaturas baixas.

As variações de temperatura é uma das formas de monitorar a qualidade de uma cama de compostagem pois está relacionada com vários fatores, como por exemplo a baixa relação carbono/nitrogênio e umidade. De acordo com KIEL (1998) no processo de compostagem, a atividade microbiológica atinge a alta intensidade, elevando a temperatura dos níveis internos da cama de compostagem, chegando atingir valores de 65ºC podendo ser superiores, essa alta de temperatura é gerada pelo metabolismo microbiano de oxidação da matéria organica. Cama de compostagem com temperatura de 55º C já é considerada em um excelente processo.

A compactação da cama é a maior responsáveis pela ineficiência do processo de compostagem e a queda de temperatura, pois isso faz diminuir o oxigênio dando inicio as reações anaeróbicas, por isso cama de compostagem geralmente, é revolvida duas vezes ao dia a maioria dos produtores aproveita o período que as vacas vão para ordenha.

## 4. CONCLUSÃO

A dieta tem interferencia na qualidade da cama de compostagem, pois quando ocorrem casos de acidose, em que os animais perdem maior quantidade de liquidos nas fezes, aumenta a umidade da cama dificultando a fermentação e secagem, como o ocorrido na propriedade analisada,

Outro fator relevante que interfere na qualidade da cama, é o local e o tipo da estrutura onde foi construída, pois em períodos frios e chuvosos ocorre aumento de umidade pela entrada da água da chuva pelos ventos com pouca proteção dos beirais.

Com esse trabalho podemos concluir que o manejo adequado da cama de compostagem e a dieta nutricional balanceada são essenciais para o bem estar das vacas confinadas e o sucesso da atividade.

## 5. AGRADECIMENTOS

Apoio Fapergs

Agadecemos a professor Médica Veterinária Daniela dos Santos de Oliveira e ao professor Médico Veterinário Mauro Antonio de Almeida por todo apoio no desenvolvimento desse trabalho.

Agradecemos ao proprietário e sua família, do compost barn da fazenda MK que nos deram abertura para que os estudos pudessem ser feitos.

Agradecemos ao Medico Veterinário Jorge Luis Cardoso da Silva que nos auxilou na coleta de informações para que pudéssemos escrever esse artigo.

Agradecemos a nossas famillias que nos apoiam nessa caminhada de formação.

## 6. REFERÊNCIAS

CANSIAN, Campi Camila Mariane; Acidose ruminal: grande problema de gado leiteiro. São Paulo disponível em http://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/doenca-bovina/acidose-ruminal-grande-problema-do-gado-leiteiro.html

DESAFIOS DE COMPOST BARN disponível em http://www.grupoapoiar.com/desafios-no-sistema-de-compost-barn/

EducaPoint. Manejo da Cama do Compost Barn determina limpeza das vacas, São Paulo, maio de 2018. Disponível em https://www.educapoint.com.br/noticias/manejo-compost/

REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE MEDICINA VETERINÁRIA – SÃO PAULO EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUÇÃO LEITEIRA: REVISÃO DE LITERATURA ISSN: 1679-7353 disponível em : http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/3Kbw8tpmIaJpspv_2013-6-26-10-55-41.pdf

RONDA, B.J.COMPOST BARN MONITORAMENTO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM E OS BENEFICIOS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE. MINAS GERAIS DEZEMBRO DE 2012 disponível em: https://3rlab.wordpress.com/2016/12/12/compost-barn-monitoramento-do-sistema-de-compostagem-e-os-beneficios-na-producao-e-qualidade-de-leite-parte-2/

VINHAL, C. I.; COURA, COURA, M.L. ; JUNIOR, S.R.; RIBEIRO, M.T; COSTA, A. D.R; NOGUEIRA A. S. F. Influência da temperatura e umidade ambiente no índice de conforto de animais da raça girolando e holandesa mantidos em galpão de compost barn.<http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla/article/viewFile/16491/12681>

CONIGTI

# Agronomia e Engenharia Agrícola: Produção Vegetal

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA ALFAFA

**Amito José Teixeira**
**Maiquel Gromann**
**Daniela dos Santos de Oliveira**
**Mauro Antonio de Almeida**
**Antonio Sergio do Amaral**
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
**Vinícius Gustavo Lira Borsa**
**Sandra Piovesan**
**Ricati Lima Majewski**
**Patrícia Tussi**
**Jardes Bragagnolo**

*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil

*e-mails:amito@uricer.edu.br; maiquelgromann@gmail.com; danielaoliveira@uricer.edu.br; maurodealmeida@gmail.com; asamaral@uriecer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; vinilira196@gmail.com; 044440@aluno.uricer.edu.br, 093705@aluno.uricer.edu.br, ptussi@uricer.edu.br, jardes@uricer.edu.br.*

***Resumo:*** *A cadeia produtiva do leite é de destacada importância para o desenvolvimento da Região do Alto Uruguai gaúcho em função das características regionais. A produção de leite é baixa, em torno de 12,0 kg.vaca.dia$^{-1}$, e a atividade envolve mais de 10.000 produtores, na grande maioria realizada em pequenas propriedades. O problema principal desta baixa produção é a alimentação deficiente. Então, é de suma importância que a pesquisa gere informações do comportamento, adaptação e produção de espécies forrageiras como a Alfafa, visando um melhor resultado produtivo e econômico em nível de produtor de leite. A Região do Alto Uruguai não se destaca apenas pela pecuária leiteira, mas também pela suinocultura e avicultura que produzem grandes quantidades de dejetos. No presente estudo, avaliou-se o potencial forrageiro da alfafa, observando-se sua resposta a diferentes tipos de adubação orgânica, utilizando adubo orgânico provenientes de outras atividades da propriedade, possibilitando assim maximizar a utilização dos recursos endógenos das propriedades rurais. Avaliou-se os efeitos da aplicação de diferentes quantidades de cama de aviário e esterco líquido de suínos em relação à adubação química sobre a produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) dessa forrageira. Foram observadas diferenças significativas (P<0,05) para a matéria seca (MS) e matéria verde (MV) no fator adubação, sendo que os resultados dos níveis de adubação orgânica de 100 m³ ha$^{-1}$ de esterco líquido de suínos, 10 e 7,5 toneladas ha$^{-1}$ de cama de aviário, não diferiram estatisticamente em relação a adubação química (220kg ha$^{-1}$ de super fosfato simples e 600 kg ha$^{-1}$ de cloreto de potássio), sendo ambas significativamente superiores aos demais tratamentos através do teste de Tukey a 5%.Assim, a cama de aviário e o esterco líquido de suínos podem ser usados para substituir o adubo químico na cultura da alfafa.*

***Palavras chave:*** *Alfafa, adubação orgânica, cama de aviário, esterco líquido de suínos.*

## 1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite é de destacada importância para o desenvolvimento da Região do Alto Uruguai gaúcho em função das características regionais. A produção de leite é baixa, em torno de 12,0 kg/vaca/dia, e a atividade envolve mais de 10.000 produtores, na grande maioria realizada em pequenas propriedades. O problema principal desta baixa produção é a alimentação deficiente. Então, é de suma importância que a pesquisa gere informações do comportamento, adaptação e produção de espécies forrageiras como a Alfafa, visando um melhor resultado produtivo e econômico em nível de produtor de leite. A alfafa se destaca não só pela produtividade, mas principalmente pela alta qualidade e palatabilidade da forrageira produzida sendo, portanto, alimento volumoso indicado para animais de genética

diferenciada. Apesar do alto potencial produtivo da alfafa, a uma série de fatores que tem influência no sucesso de seu cultivo, como a adoção de práticas de manejo que irão garantir seu estabelecimento e persistência, aumentando assim seu potencial produtivo e a qualidade de forragem, cruciais para obtenção de resultados na pecuária leiteira. A Região do Alto Uruguai não se destaca apenas pela pecuária leiteira, mas também pela suinocultura e avicultura. Essas atividades vêm se desenvolvendo ao longo do tempo e buscando um mercado cada vez mais especializado. Isto ocorre devido a grande aumento na demanda de proteína animal. O avanço tecnológico alcançado nos últimos anos, especialmente nos Estados do Sul, São Paulo e em expansão no Centro Oeste, caracterizou-se pela implantação de sistemas mais confinados com produção de grandes volumes de dejetos por unidade de área. Infelizmente, grandes quantidades desses dejetos são jogadas em rios, lagos, solo e outros recursos naturais, repercutindo em desperdícios e na ausência de melhores critérios de planejamento para os sistemas de armazenamento, tratamento, distribuição e utilização. Portanto, hoje com o mundo globalizado cada vez mais se tem observado que as propriedades estão ficando mais tecnificadas com o objetivo de se tornarem mais competitivas. Assim, acabam se viabilizando nas atividades agrícolas, apenas aquelas que conseguem otimizar seus custos, aliado a um aumento da produtividade. No presente estudo, avaliou-se o potencial forrageiro da alfafa, observando-se sua resposta a diferentes tipos de adubação orgânica, utilizando adubo orgânico provenientes de outras atividades da propriedade, possibilitando assim maximizar a utilização dos recursos endógenos das propriedades rurais. Os objetivos dpo trabalho foram: Avaliar o efeito de diferentes doses de adubação orgânica em substituição a adubação química sobre a produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) da Alfafa, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das cadeias produtivas do leite, suínos e aves da região. 1.2 Objetivos específicos: - Determinar o nível de adubação orgânica da alfafa com maior produção de matéria verde. - Determinar o nível de adubação orgânica da alfafa com maior produção de matéria seca.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental da ESED – URI Campus de Erechim - RS, em solo classificado como Latossolo Vermelho alumino férrico típico, conforme cronograma. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 3 repetições, sendo as parcelas de 2 metros de comprimento por 2 metros de largura e espaçamento de 20 centímetros entre linhas, constituindo 36 unidades experimentais. Para a coleta do material foi respeitado 0,5 m de bordadura, portanto sendo coletado 1 m² em cada parcela. Os tratamentos foram os seguintes: - T1= testemunha - T2= adubação química (55kg.ha$^{-1}$ de super fosfato simples e 150 kg.ha$^{-1}$ de cloreto de potássio). Metade da dose recomendada pela análise de solo. - T3= adubação química (110kg.ha$^{-1}$ de super fosfato simples e 300 kg.ha$^{-1}$ de cloreto de potássio). Dose recomendada pela análise de solo. - T4= adubação química (220kg.ha$^{-1}$ de super fosfato simples e 600 kg.ha$^{-1}$ de cloreto de potássio). Dobro da dose recomendada pela análise de solo. - T5= 25 m³ de dejetos líquidos de suínos ha$^{-1}$ ano em cobertura. - T6= 50 m³ de dejetos líquidos de suínos ha$^{-1}$ ano em cobertura. - T7= 2,5 ton de cama de aviário ha$^{-1}$ ano em cobertura. – T8= 5 t de cama de aviário ha$^{-1}$ ano em cobertura. – T9= 7,5 t de cama de aviário ha$^{-1}$ ano em cobertura. – T10= 10 t de cama de aviário ha$^{-1}$ ano em cobertura. A implantação do projeto iniciou-se em agosto de 2008, com a escolha da área e posterior coleta da analise de solo. De posse da análise de solos, foi feita a interpretação através do MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Iniciou -se o preparo do solo, sendo primeiramente aplicado calcário dolomítico para a correção da acidez do solo. Após foi procedido o revolvimento do solo com arado de discos, e para descompactação das camadas mais profundas do solo foi utilizado subsolador. Com o solo revolvido foi realizada gradagem no local para o nivelamento do terreno. Com relação a adubação, foi aplicado super fosfato simples e cloreto de potássio na área. Após esta adubação de base utilizou-se enxada rotativa para incorporação dos fertilizantes e um último nivelamento do terreno. As parcelas foram delimitadas com o uso de estacas. Posteriormente fez-se a semeadura da alfafa. A mesma foi realizada após inoculação das sementes com inoculante específico para a espécie (*Rhizobium melliotti*). Foram realizados cortes de uniformização quando as plantas estavam com 20% das flores abertas. Após o corte realizado no dia 05 de fevereiro, foram aplicados os tratamentos. Para a aplicação destes foi utilizado as recomendações do MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina de 2004. A COMISSÃO DE QUIMICA E FERTILIDADE DO SOLO recomenda para a a adubação de manutenção da alfafa, seja aplicado 1/3 da dose no final do verão ou inicio do outono e os 2/3 restantes no inicio da primavera. A obtenção tanto da cama de aviário quanto do esterco liquido de suínos foi através de doação de produtores da região. A cama de aviário era proveniente de seis lotes de frango de corte abatidos com idade de aproximadamente 45 dias, e o esterco liquido de suíno é proveniente de matrizes e tratado em um biodigestor, onde o material retirado encontrava-se totalmente curtido.

As quantidades de nutrientes contidas na cama de aviário com 5 a 6 lotes, segundo A COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (2004) são de 3,5 % de nitrogênio, 3,8 % de P2O5 e 3 % de K2O em média. Já, as quantidades de nutrientes contidas no esterco líquido de suínos, segundo A COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (2004) são de 2,8 Kg/m$^3$ de nitrogênio, de 2,4 Kg/m$^3$ de P2O5 e 1,5 Kg.m$^3$ de K2O. Em 17 de julho procedeu-se a coleta de material. O material coletado serviu para a obtenção da matéria verde (MV) e realização das análises de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB). O corte do material foi realizado com o auxilio de uma tesoura manual, deixando-se um resíduo uniforme de aproximadamente 10 cm, em todas as parcelas, de

forma a garantir o rebrote da pastagem. As análises foram realizadas com o material obtido de 1 $m^2$ da região central de cada parcela, sendo os resultados obtidos, em kg de MV e kg de MS foram extrapolados para a produção por $ha^{-1}$.

A determinação da matéria seca (MS) foi realizada no laboratório de secagem e armazenagem do curso de Engenharia Agrícola localizado na ESED. Procedeu-se a análise da variância, com a aplicação do teste de médias Tukey (P <0,05) para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados.

Utilizou-se o Sistema para Análises Estatísticas SAEG, Versão 9.1.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão discriminados considerando a variável resposta estabelecida.

3.1 VARIÁVEL RESPOSTA MATÉRIA VERDE (MV): As produções alcançadas para a variável matéria verde (MV) foram obtidas através da coleta do material de 1 $m^2$ do centro de cada parcela. Foi realizada análise de variância (Tabela 1) para verificar se houve efeito real de tratamento. As médias obtidas, extrapolados para 1 $ha^{-1}$ estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do teste de análise múltipla de médias para a Matéria Verde (MV) em função do fator de tratamento dose de adubação da alfafa (*Medicago sativa L.*), através do teste de Tukey a 5% de significância.

| **Tratamentos** | **Matéria Verde ($kg.ha^{-1}$)** |
|---|---|
| Tratamento 10 | 8353,33 AB |
| Tratamento 04 | 7895,90 ABC |
| Tratamento 09 | 7501,03 ABCD |
| Tratamento 08 | 6050,33 BCDE |
| Tratamento 03 | 5888,60 BCDE |
| Tratamento 06 | 5776,03 CDE |
| Tratamento 07 | 5164,33 DEF |
| Tratamento 05 | 4552,46 EF |
| Tratamento 02 | 4299,16 EF |
| Tratamento 01 | 3038,33 F |
| CV | 14,21 % |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Verificou-se diferenças significativas (P < 0,05) no fator adubação para a MV, através do teste de Tukey a 5%, sendo que os resultados dos níveis de adubação orgânica (Tabela 1), 10 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário, adubação química (220$kg.ha^{-1}$ de super fosfato simples e 600 $kg.ha^{-1}$ de cloreto de potássio) e 7,5 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário foram superiores e não diferiram entre si. Em seguida verificou-se a segunda melhor média com os tratamentos 10 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário, adubação química (220$kg.ha^{-1}$ de super fosfato simples e 600 $kg.ha^{-1}$ de cloreto de potássio), 7,5 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário, 05 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário e adubação química (110$kg.ha^{-1}$ de super fosfato simples e 300 $kg.ha^{-1}$ de cloreto de potássio), os quais não diferiram entre si. As piores medias de produtividade foram dos tratamentos 2,5 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário, 25 $m^3$ $ha^{-1}$ de esterco líquido de suínos, adubação química (55$kg.ha^{-1}$ de super fosfato simples e 150 $kg.ha^{-1}$ de cloreto de potássio) e a testemunha, que não diferiram entre si. Na média dos dados analisados, houve aumento na produção de matéria verde (MV) com níveis de adubação orgânica maiores.

A implantação da alfafa requer adubação orgânica, uma vez que, além de melhorar as propriedades físicas do solo, essa adubação melhora a fertilidade, principalmente em termos de micronutrientes. A perda de amônia, em decorrência da mistura de esterco e de corretivo (calcário), é irrelevante, uma vez que o N deve ser oriundo da fixação simbiótica do nitrogênio (RASSINI, 1998).

### 3.2 VARIÁVEL RESPOSTA MATÉRIA SECA (MS)

Verificou-se diferenças significativas (P < 0,05) no fator adubação para a MS, através do teste de Tukey a 5%, sendo que os resultados dos níveis de adubação orgânica (Tabela 2) de 10 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário, adubação química (220$kg.ha^{-1}$ de super fosfato simples e 600 $kg.ha^{-1}$ de cloreto de potássio) e 7,5 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário foram superiores e não diferiram entre si. Em seguida a melhor média foi obtida com os tratamentos, adubação química (220$kg.ha^{-1}$ de super fosfato simples e 600 $kg.ha^{-1}$ de cloreto de potássio), 7,5 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário e 05 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário, os quais não diferiram entre si. As piores medias de produtividade foram dos tratamentos 2,5 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário, 25 $m^3$ $ha^{-1}$ de esterco líquido de suínos, adubação química (55$kg.ha^{-1}$ de super fosfato simples e 150 $kg.ha^{-1}$ de cloreto de potássio) e a testemunha, que não diferiram entre si. Na média dos

dados analisados, houve aumento na produção de matéria seca (MS) com níveis de adubação orgânica maiores. Em estudos de Kiehl (1985) os maiores rendimentos resultaram da adubação mineral + calcário, conjuntamente com a cama de poedeiras resultando em uma produção de matéria seca de 11400 kg $ha^{-1}$.

Tabela 2 – Resultados do teste de análise múltipla de médias para a Matéria Seca (MS) em função do fator de tratamento dose de adubação da alfafa (Medicago sativa L.), através do teste de Tukey a 5% de significância.

| **Tratamentos** | **Matéria Seca ($kg.ha^{-1}$)** |
|---|---|
| Tratamento 10 | 2174,85 A |
| Tratamento 04 | 1814,39 ABC |
| Tratamento 09 | 1702,68 ABC |
| Tratamento 08 | 1579,61 BCD |
| Tratamento 06 | 1475,87 CDE |
| Tratamento 03 | 1414,63 CDE |
| Tratamento 07 | 1206,44 DEF |
| Tratamento 05 | 1069,04 EF |
| Tratamento 02 | 1036,23 EF |
| Tratamento 01 | 768,07 F |
| CV | 11,25% |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que: - A cama de aviário pode ser usada para substituir o adubo químico na cultura da alfafa.

- A aplicação de 10 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário e 7,5 toneladas $ha^{-1}$ de cama de aviário, alcançaram resultados estatisticamente iguais ao dobro da adubação química recomendada pela análise de solo nas produções de MV, MS. - A alfafa sendo bem manejada pode produzir expressiva quantidade de forragem de excelente qualidade, e assim se constituir num importante alimento para possibilitar um incremento na produção leiteira da região do Alto Uruguai Gaúcho.

## 5. REFERÊNCIAS

AVIANI, D. M.; BARCELOS, A. O.; FRANÇA DANTAS, M. S. Competição entre cultivares de alfafa (Medicago sativa L.) no Distrito Federal. In: 3ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDA DE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Rio de Janeiro, 1993. p.65. Rio de Janeiro. Resumos.

CARVALHO, N. M. & MOZER, O. L.; EMRICH, E. S. & GONTIJO,V. P. M. Competição de variedades de capim elefante (Pennisetum purpureum) em um solo hidromórfico de Sete Lagoas, Minas Gerais. Pesq. Agropec. Bras. , ser. zootec. 7: 39-45, 1972.

CONRAD, H. R.; KLOPFENSTEIM, K. Role in livestock feeding green chop, silage, hay and dehy. In: HANSON, AA.; BARNES, D.K.; HILL, R.R. (Ed.). Alfafa and alfafa improvement. Madson, American Society of Agronomy, 1988, p.540-550.

GALANTE, V. A. Parceria entre suinocultura e agricultura: um estudo do valor do dejeto suíno com interesse agrícola. Obtido na webpage , capturado em 13/04/2008.

HENZEL, F. Nitrogen nutrition of tropical pasture. In: SKERMAN, P. J. Tropical forage legumes. Rome, FAO, 1977. p. 86-I02.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.

NAKAGAWA, J.; PROCHNOW, L.I.; BULL, L.T.; VILLAS BÔAS, R.L. Estudo de obtenção de composto orgânico com o uso de biofertilizantes. Científica, S.Paulo, v.19, n.2, p.119-128, 1991.

OLIVEIRA, I. P.; SOARES, M.; MOREIRA, J.A. A.; ESTRELA, M. F. C.; DAL´ACQUA, F. M.; PACHECO FILHO, O. Resultados técnicos e econômicos da aplicação de biofertilizante bovino na cultura de feijão, arroz e trigo. Goiânia, CNPAF, 1986. 24p. Circular Técnica, 21.

SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1.ed., Rio de Janeiro: CNPS, 1999, 370p.

SILVEIRA, A. C.; TOSI, H. & FARIA, V. P. Determinação de carboidratos do capimelefante, variedade napier por diferentes métodos de análise. R. Soc. Bras. Zootec., 5 (I):9-18, 1976.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. 2004. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

RASSINI, J. B. Alfafa (Medicago sativa L.): estabelecimento e cultivo no Estado de São Paulo. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1998. 27 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 15).

SOUZA, M. L. P. el al. Potencialidade, aspectos ambientais e riscos associados à disposição final de estercos suínos líquidos em terras da Região Oeste e Sudoeste do Paraná. IN: BLEY JR, Cícero Jayme. (Org.). Manual de gestão ambiental da suinocultura. Curitiba: MMA/PNMA II/SEMA/IAP/FUNPAR, 2004. p. 71-140.

## 3. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# TIFTON 85, JIGGS E AMENDOIM FORRAGEIRO SUBMETIDOS A DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

**Amito José Teixeira**
**Jakson Alexandre May**
**Daniela dos Santos de Oliveira**
**Antonio Sergio do Amaral**
**Mauro Antonio de Almeida**
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
**Vinícius Gustavo Lira Borsa**
**Sandra Piovesan**
**Ricati Lima Majewski**
**Patrícia Tussi**
**Jardes Bragagnolo**

*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil

*e-mails: amito@uricer.edu.br; jaksonmay@hotmail.com; danielaoliveira@uricer.edu.br; maurodealmeida@uricer.edu.br; asamaral@uriecer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; vinilira196@gmail.com; 044440@aluno.uricer.edu.br, 093705@aluno.uricer.edu.br, ptussi@uricer.edu.br, jardes@uricer.edu.br*

***Resumo:*** *A produtividade da pecuária brasileira é baixa e correlaciona-se com a produtividade das pastagens, onde o desafio de ser competitiva e simultaneamente preservar o meio ambiente e contribuir para o desenvolvimento sustentável e duradouro, tem sido um dos desafios da agropecuária nacional. O cultivo de espécies de leguminosas consorciadas com gramíneas anuais de verão pode ser uma alternativa interessante para produção de carne e leite. Isto ocorre porque o consórcio favorece o pastejo seletivo, proporciona elevada produção de forragem com baixas doses de nitrogênio (N) mineral, ou mesmo sem aplicação deste nutriente, além de melhorar a distribuição temporal da produção forrageira. O presente trabalho tem por objetivo: - Estimar o potencial de rendimento de forragem verde e seca e o valor nutritivo da forragem (proteína bruta). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com parcelas de 4m², sendo formado por 4 blocos, totalizando 28 unidades experimentais. Os tratamentos testados são os seguintes: T1 - Tifton 85 (testemunha), T2 - Amendoim Forrageiro (testemunha), T3 - Tifton 85 + 100 Kg de Ureia, T4 - Tifton 85 + Amendoim Forrageiro, T5 - Jiggs (testemunha), T6 - Jiggs 100 Kg de Ureia, T7 - Jiggs + Amendoim Forrageiro. Considerando os resultados obtidos pode-se concluir que: -A aplicação de 100 kg ha$^{-1}$ em cada aplicação de ureia proporciona produção expressiva de forragem verde do Jiggs. - A aplicação de 100 kg ha$^{-1}$ em cada aplicação de ureia proporciona maior produção de Matéria Seca e Proteína Bruta do Jiggs. - O Jiggs respondeu melhor a adubação nitrogenada do que o Tifton 85. - O consórcio de gramíneas e leguminosas possibilita um maior rendimento de MV, MS e PB quando comparado ao cultivo solteiro do Jiggs. - O Jiggs com adubação nitrogenada, alcança elevada produção de forragem, o que possibilita indicar essa forrageira como alternativa para produção de leite a pasto.*

***Palavras chave:*** *Pastagem, Consorciação, Ureia.*

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a pecuária tem como base as pastagens, a grande maioria formada por gramíneas. No Sul do Brasil, a produtividade de forragem é maior na primavera e verão, devido à adequada disponibilidade hídrica, às altas temperaturas e à elevada luminosidade. No entanto, nas estações de outono e inverno, a produção de forragem pode ser considerada baixa, especialmente em campos naturais (CÓRDOVA et al., 2004).

Em sistemas de produção a pasto, o maior desafio dos pecuaristas é manter a produtividade e qualidade da pastagem durante o ano todo. Manejar de forma adequada, entender as melhores práticas de correção e adubação do solo, e gerir os recursos forrageiros corretamente é essencial, tanto para a alta produtividade quanto para as finanças das propriedades que utilizam pastagens.

A produção animal a pasto nos trópicos caracteriza-se pelo extrativismo, porém esse modelo de exploração compromete a sustentabilidade, acarretando a perda da capacidade produtiva do sistema (BARCELLOS et al., 2008). A manutenção do potencial produtivo de área de pastagens pode ser obtida através da utilização de adubações de manutenção, especialmente a adubação nitrogenada. Essa prática é pouco utilizada em pastagens tropicais, devido principalmente aos altos custos dos fertilizantes nitrogenados e ao caráter extensivo da atividade pecuária, comprometendo a produção das gramíneas e, consequentemente, a produção animal (MACEDO,1995).

As leguminosas promovem incrementos na produção animal, pela qualidade e quantidade da forragem em oferta, tanto pela participação da leguminosa na dieta animal, quanto pelos efeitos indiretos relacionados com a fixação biológica de nitrogênio e seu repasse ao ecossistema da pastagem (ALMEIDA et al. (2003), AROEIRA et al. (2005)).

O cultivo de espécies de leguminosas consorciadas com gramíneas anuais de verão pode ser uma alternativa interessante para produção de carne e leite. Isto ocorre porque o consórcio favorece o pastejo seletivo, proporciona elevada produção de forragem com baixas doses de nitrogênio (N) mineral, ou mesmo sem aplicação deste nutriente, além de melhorar a distribuição temporal da produção forrageira (SLEUGH et al., 2000).

O custo de produção do leite vem aumentando muito nesses últimos anos, diminuindo assim a renda das famílias. O uso de alimentos concentrados encarece e muito o custo de produção. A alternativa é fornecer ao gado leiteiro alimentos volumosos, normalmente silagem e pastagens. Estes se bem escolhidos e bem manejados pelo produtor, podem suprir quase que integralmente as necessidades nutricionais dos animais, e diminuir os custos de produção.

A importância deste trabalho está na avaliação do potencial produtivo das pastagens, Tifton 85, Jigss e Amendoim Forrageiro, considerando o modelo de produção leiteira, cuja base da alimentação dos animais é a pastagem.

Os objetivos do trabalho foram: avaliar técnicas de manejo das forrageiras Tifton 85, Jiggs e Amendoim Forrageiro, incluindo a adubação nitrogenada, no rendimento de forragem e valor nutritivo, visando aumentar a produção e a produtividade de leite das propriedades rurais da região do Alto Uruguai Gaúcho; estimar o potencial de rendimento de forragem verde; estimar o potencial de rendimento de matéria seca e estimar o valor nutritivo da forragem (proteína bruta).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em uma área de Latossolo vermelho Aluminoférrico típico, no município de Erechim – RS, nas dependências da Estação Experimental Demoliner (ESED) localizada no CAMPUS II da URI – da URI – ERECHIM, coordenadas geográficas 27°36°38°’’S e 52°13°36°’’.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com parcelas de 4m², sendo formado por 4 blocos, totalizando 28 unidades experimentais.

Os tratamentos testados foram os seguintes: T1 – Tifton 85 (testemunha), T2 – Amendoim Forrageiro (testemunha), T3 – Tifton 85 + 100 Kg de Ureia, T4 - Tifton 85 + Amendoim Forrageiro, T5 – Jiggs (testemunha), T6 – Jiggs 100 Kg de Ureia, T7 – Jiggs + Amendoim Forrageiro.

A ureia que foi utilizada no experimento contém 45% de N. Foi aplicado o equivalente à 300 Kg por hectare de adubo químico na formulação NPK 02-18-18, suprindo assim, as exigências nutricionais das culturas.

A Pesagem das fontes de adubo químico utilizadas na área, foi efetuada com balança de precisão do laboratório químico do Campus II da URI. O plantio foi realizado no dia 16 de novembro de 2017, e as aplicações de nitrogênio foram feitas após o primeiro corte da pastagem, de acordo com os tratamentos propostos.

O primeiro corte (de padronização) foi realizado com tesoura manual, sendo que foi deixado uma bordadura de 50 cm no entorno de cada parcela, restando assim no centro a área útil de 1 $m^2$, de onde foi coletado, a partir do segundo corte, o material para posterior avaliação. O primeiro corte foi realizado em meados do mês de fevereiro de 2018. Foi deixado um resíduo de 10 cm de altura e, logo após, aplicou-se a ureia, que foi aplicada somente após uma precipitação. No segundo corte, após a aplicação dos tratamentos, uma amostra de forragem verde foi pesada e secada em estufa com temperatura de 60 ºC por 24 horas e posteriormente com temperatura de 105 ºC até peso constante para determinação da MS. A determinação da matéria seca (MS) foi realizada no laboratório de secagem e armazenagem localizado na URI – Erechim e o valor nutritivo (proteína bruta) foi realizado no laboratório de bromatologia da URI - Erechim.

Todos os valores de matéria verde (MV), matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) obtidos em 1 m² foram extrapolados para 1 hectare. Para efetuar a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores – ASSISTAT.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos (Tabelas 1, 2 e 3), foram observados aumentos progressivos na produção de Matéria Verde, Matéria Seca e Proteína Bruta em função do aumento da dose de ureia. A dose de 100 kg $ha^{-1}$ de ureia apresentou resultados significativos em relação à testemunha e aos demais tratamentos ($p < 0,05$).

Nos Estados Unidos, Hill et al. (1996) verificaram que o Tifton 85 apresentou elevado potencial para a produção de forragem, tendo registrado produções de matéria seca que variaram de 14,7 a 18,6 T $ha^{-1}$ $ano^{-1}$, dependendo da adubação nitrogenada e da frequência de cortes, verificando-se o mesmo no trabalho desenvolvido por Alvim (1998). Cecato et al. (2001), ao avaliarem gramíneas do gênero Cynodon, entre elas a cultivar Tifton 85, observaram que na estação de verão, a aplicação de 400 kg $ha^{-1}$ de N aumentou a participação de colmos na forragem.

Maccari et al. (2018) verificaram que quando a pastagem foi manejada a 7 cm de altura e adubada com 150 kg de N $ha^{-1}$ houve a maior produção, chegando a 5.407,20 kg de MS $ha^{-1}$. Avaliando o conteúdo de proteína bruta da pastagem, os autores observaram o nível de 18,5% na MS.

Tabela 1. Produção de Matéria Verde por hectare nos diferentes tratamentos.

| Tratamento | Matéria Verde (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|
| T1 | 11.708,61[c] |
| T2 | 7.912,22[d] |
| T3 | 16.133,88[b] |
| T4 | 15.806,66[b] |
| T5 | 17.936,66[b] |
| T6 | 23.856,67[a] |
| T7 | 20.847,34 [a] |
| CV | 7,54% |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Produção de Matéria Seca por hectare nos diferentes tratamentos.

| Tratamento | Matéria Seca (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|
| T1 | 3.179,64[c] |
| T2 | 2.747,93[c] |
| T3 | 4.329,38[b] |
| T4 | 3.885,78[b] |
| T5 | 4.332,76[a] |
| T6 | 6.457,93 [a] |
| T7 | 6.375,96 [a] |
| CV | 9,68% |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3. Produção de Proteína Bruta por hectare nos diferentes tratamentos.

| Tratamento | Proteína Bruta (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|
| T1 | 479,78[c] |
| T2 | 598,12[b] |
| T3 | 745,63[b] |
| T4 | 635,28[b] |
| T5 | 673,43[b] |
| T6 | 975,65 [a] |
| T7 | 957,54 [a] |
| CV | 8,12% |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

No presente trabalho, a dose de 100 kg $ha^{-1}$ de ureia em Jiggs apresentou os melhores resultados de MV, MS e PB tendo apresentando resultados significativamente melhores do que os tratamentos com Tifton 85 (Ureia e consorciado com amendoim forrageiro) e não diferindo significativamente do Jiggs consorciado com amendoim forrageiro. Já, as produções de Matéria Verde, Matéria Seca e Proteína Bruta, foram muito baixas na ausência da adubação nitrogenada,

mostrando a importância do Nitrogênio para elevar a taxa de crescimento e produtividade por área do Tifton 85 e do Jiggs. Em um estudo realizado por Randüz (2005), comparando três forrageiras Cynodon (Jiggs, Tifton 78 e Tifton 85) em pastejo por equinos, obteve-se para Jiggs uma menor densidade volumétrica, redução à preensão, mastigação e deglutição pelo equino, ou seja, uma velocidade de ingestão elevada. Mesmo apresentando mais colmos, o autor concluiu a preferência dos equinos pela variedade Jiggs, em virtude de a mesma apresentar mais folhas. Também apresentou superioridade em características nutritivas em comparação com as demais avaliadas no estudo do gênero Cynodon. Já segundo Guimarães (2012) em um estudo avaliando o desempenho produtivo e as características estruturais do dossel das forrageiras Jiggs e Tifton 85, na qual esta última possui potencial já conhecido e é considerada pelo autor como a melhor forrageira do gênero, a Jiggs apresentou potenciais produtivos semelhantes para acúmulo total de forragem, taxa de acúmulo de forragem, interceptação luminosa, índice de área foliar e ângulos foliares, além de melhor proporção de material verde em relação a Tifton 85, apresentando a mesma proporção de folhas com 34% e maior proporção de colmos com 46,6%, enquanto que a Tifton 85 apresentou 42,1% apenas, demonstrando o quão interessante pode ser sua utilização em sistemas de produção. Segundo Rezende (2015) em um estudo comparativo de características estruturais, bromatológicas e produtivas de Jiggs e Tifton 85 fertilizados com alguns macronutrientes, a Tifton 85 apresentou melhor perfilhamento em relação a Jiggs, porém, está por sua vez, obteve resultados superiores de fibra detergente neutro em todas as avaliações, enquanto que a Tifton 85 apresentou maior porcentagem de fibra detergente ácido, sendo concluído pelo autor, que a Jiggs apresenta melhor qualidade de fibra e maior digestibilidade de seus componentes em relação a Tifton 85.

## 4. CONCLUSÕES

A aplicação de 100 kg $ha^{-1}$ em cada aplicação de ureia proporciona produção expressiva de forragem verde do Jiggs.

A aplicação de 100 kg $ha^{-1}$ em cada aplicação de ureia proporciona maior produção de Matéria Seca e Proteína Bruta do Jiggs.

O Jiggs respondeu melhor a adubação nitrogenada do que o Tifton 85.

O consórcio de gramíneas e leguminosas possibilita um maior rendimento de MV, MS e PB quando comparado ao cultivo solteiro do Jiggs.

O Jiggs com adubação nitrogenada, alcança elevada produção de forragem, o que possibilita indicar essa forrageira como alternativa para produção de leite a pasto.

## 5. REFERÊNCIAS

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; MARTINS, C.E. Resposta do coast-cross (Cynodon dactylon (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 833-840, set./out. 1998.

ALMEIDA, R.G. et al. Disponibilidade, composição botânica e valor nutritivo da forragem de pastos consorciados, sob três taxas de lotação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, p.36-46, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000100005>.Acesso em: 10 jun. 2017.doi:10.1590/S151635982003000100005.

AROEIRA, L.J.M. et al. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de Brachiaria decumbens com Stylosanthes guianensis Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.4, p.413-418, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/
S0100-204X2005000400014>. Acesso em: 15 jun. 2017. doi: 10.1590/S0100-204X2005000400014

BARCELLOS exclusivas, na forma de banco de proteína nos trópicos brasileiros.Revista Brasileira, A.O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas ra de Zootecnia , v.37, p.51-67, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516- 35982008001300008>.
Acesso em: 15 jun. 2018. doi: 10.1590/ S1516-35982008001300008

CECATO, U.; SANTOS, G. T.; MACHADO, M. A.; GOMES, L. H.; DAMACENO, J. C.; JOBIM, C. C.; RIBAS, N. P.; MIRA, R. T.; CANO, C. C. P. Avaliação de cultivares do gênero Cynodon com e sem nitrogênio. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 23, n. 4, p. 781-788, 2001.

CÓRDOVA, U. de A.; PRESTES, N. E.; SANTOS, O. V. dos; ZARDO, V. F. Melhoramento e manejo de pastagens naturais no Planalto Catarinense. Florianópolis: EPAGRI, 2004. 274 p.

GUIMARÃES, Murilo Saraiva. Desempenho produtivo, análise de crescimento e características estruturais do dossel de dois capins do gênero Cynodon sob duas estratégias de pastejo intermitente. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em

Ciência animal e pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

HILL, G.M.; GATES, R.N.; WEST, J.W.; BURTON, G.W. Tifton 85 bermudagrass utilization in beef, dairy, and hay production. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora.Anais. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1996. p.140-150.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1995, Brasília. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.28-62.

SLEUGH, B. et al. Binary legume-grass mixtures improve forage yield, quality, and seasonal distribution. Agronomy Journal, Madison, v.92, n.1, p.24-29, 2000.

MACCARI, Marcieli; SORIANO, Vanessa; PERETTI, Sidinei CASTIONI; Vitor. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DA PASTAGEM JIGGS ADUBADA COM NÍVEIS DE NITROGÊNIO. Diponível em: http://editora.unoesc.edu.br/index.php/siepe/article/view/8306/4569. Acesso em 08 de set. De 2018.

RADÜNZ, Edson. A estrutura de gramíneas do gênero Cynodon e o comportamento ingestivo de equinos. Dissertação. (Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias). UFPR. Curitiba. 2005. 48 p.

REZENDE, Adauton Vilela et al. Características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs fertilizados com alguns macronutrientes. Revista Redalyc. v. 36, n. 3 p. 1507 – 1515, 2015.

**6. AVISO DE RESPONSABILIDADE**

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# UTILIZAÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA DO MILHO

**Daiana Mara Bevilaqua**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
***Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil***
daiana-bevilaqua@hotmail.com
**Antonio Sergio do Amaral**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
***Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil***
asamaral@uricer.edu.br;
**Amito José Teixeira**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
***Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil***
*amito@uricer.edu.br*
***Paulo Sérgio Gomes da Rocha***
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
***Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil***
rocha@uricer.edu.br
**Jardes Bragagnolo**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
jardes@uricer.edu.br
**Matheus Giacomoni**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
matheusgiacomoni@outlook.com
**Fabricio Foiatto**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
fabricio.foiatto@hotmail.com
**Talis Claiton Malacarne**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
talisclaiton@gmail.com

***RESUMO:*** *O objetivo específico foi avaliar a produtividade de grãos de milho em função de diferentes formas de aplicação de regulador de crescimento (RC). O experimento foi conduzido no município de Aratiba - RS, na safra 2017/18. Utilizou-se o milho híbrido simples PIONEER 32R48VYHR. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. As parcelas tinham 9 m². Tratamentos: T1 = testemunha; T2 = RC no tratamento de sementes na dose de 12,5 ml kg$^{-1}$; T3 = RC no tratamento de sementes na dose de 12,5 ml kg$^{-1}$ e no V4 uma aplicação foliar do RC na dose 250 ml ha$^{-1}$; T4 =Estádio V4 uma aplicação de RC via foliar com 250 ml ha$^{-1}$; T5 = duas aplicações de RC via foliar uma em V4 e outra em V7 nas doses de 250 ml ha$^{-1}$ cada. Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que o regulador de crescimento vegetal utilizado não apresentou diferença estatística sobre o rendimento de grãos, embora tenha sido constatada uma tendência favorável ao seu uso o que confirma o potencial do produto. Sugere-se que o experimento seja repetido em outras condições de solo e clima.*

***Palavras-chave:*** *gramíneas, produtividade, hormônios, tratamento de sementes*

## 1. INTRODUÇÃO

Comparado com outras espécies cultivadas, o milho com seu volume produzido, se tornou a terceira cultura que mais gera renda ao País, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o valor bruto da produção (VBP) do milho, em 2015, foi de R$ 32,1 bilhões, ficando atrás apenas da soja e da cana-de-açúcar, sendo cultivado tanto por grandes, médios e pequenos produtores, sendo produzido nas 27 unidades federativas do Brasil (SOLOGUREN, 2015). De modo geral, a cultura do milho, em função de suas etapas de desenvolvimento necessita para desencadear os processos de germinação e emergência que no momento da semeadura o solo apresente uma temperatura superior a 15ºC (ideal 18ºC), aliada à umidade próxima à capacidade de campo (FANCELLI, 2015). Durante seu ciclo vegetativo, a temperatura ambiente deverá oscilar entre 25°C e 30°C e encontrar-se associada à adequada disponibilidade de consumo de água que em condições normais exige entre 400mm e 600mm durante todo ciclo, além da luminosidade que são requerimentos básicos durante a floração e enchimento de grãos (FANCELLI, 2015). Assim a cultura do milho é considerada um alimento para uso agroindustrial e energético e seu destino é, principalmente, a produção de ração para uso animal, pois possui elevado potencial produtivo e alto valor nutritivo. Em média são extraídos em torno de 72% amido (carboidratos), 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de teor de óleo (lipídeos) nos grãos (PAES, 2006). Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, dados disponibilizados pela CONAB (2018) no mês de abril de 2018 mostram que na primeira safra 2017/18 no Brasil foram plantados aproximadamente 11,436 milhões de hectares, 3,4% menos que a safra anterior, totalizando uma produção de 88,6 milhões de toneladas, onde 25,6 milhões de toneladas deverá ser colhida na primeira safra e 63 milhões de toneladas na segunda safra. Na Região Sul, a safra teve um apequena redução de 1,31% na área cultivada (721 mil hectares), e pequenos aumentos na produção (4,6 milhões de toneladas) e produtividade (6,3 mil kg h-1) (EMATER, 2018).

Dada a importância do milho, vários trabalhos de pesquisas vêm sendo realizados a fim de se obter melhores resultados produtivos principalmente fazendo-se uma associação de redução de custos de produção. A busca por novas tecnologias que auxiliem na expressão do rendimento se faz cada vez mais necessária. Nesse sentido, se encaixam bem os reguladores de crescimento, os quais induzem às plantas maior tolerância a fatores adversos relacionados ao clima e solo. As plantas ao tornarem-se mais vigorosas podem atingir seu máximo potencial genético e assim aumentar os rendimentos. Esses reguladores de crescimento segundo Casillas et al. (1986), são eficientes quando aplicadas em pequenas doses, favorecendo o bom desempenho de processos vitais da planta, mesmo sob condições ambientais adversar, permitem obter maiores e melhores colheitas. Os mesmos tem influência sobre vários órgãos da planta, cujo efeito depende da espécie, do estádio de desenvolvimento, da concentração, da interação entre reguladores e de vários fatores no qual a cultura está exposta (TAIZ e ZEIGER, 2013). Atualmente há no mercado o regulador de crescimento vegetal conhecido comercialmente por Stimulate® fabricado pela empresa Stoller® é um biorregulador que garante um adequado equilíbrio hormonal formando plantas altamente eficientes, é composto por uma exclusiva combinação que contém auxinas, citocininas e giberelinas, todas elas sintéticas. Levando-se em consideração que o Stimulate® é um regulador que está diretamente ligado ao crescimento vegetal, traz em sua composição ingredientes ativos que ocorrem naturalmente na planta, a cinetina, o ácido giberélico e o ácido 4indol-3-ilbutírico. Constituídos por ácido indolbutírico (auxina) 0,005% (0,05 g $L^{-1}$), cinetina (citocinina) 0,009% (0,09 g $L^{-1}$) e ácido giberélico (giberelina) 0,005% (0,05 g $L^{-1}$) (ADAPAR, 2014). O regulador de crescimento tem a capacidade de favorecer um adequado equilíbrio hormonal de forma eficiente e eficaz na germinação de sementes, vigor inicial, crescimento e desenvolvimento radicular e foliar, na produção de compostos orgânicos, em função de sua composição, propriedades e características químicas, processos esses que contribuirão significativamente para os altos índices de produção com excelente qualidade dos produtos finais (VIEIRA & CASTRO, 2004). Dentre os fatores que regulam o processo germinativo, a presença de hormônios tem a função de melhorar o desempenho das plântulas, pois acelera a velocidade de emergência e realça o potencial das sementes de várias espécies. O uso de compostos químicos biologicamente ativos, como reguladores e estimulantes de crescimento, pode interromper o impacto de fatores adversos na qualidade e desempenho das sementes (ARAGÃO et al., 2003). Russo & Berlyn (1990) verificaram que esses bioestimulantes quando aplicados nas plantas reduzem a necessidade de fertilizantes e aumentam a produtividade e a resistência destas ao estresse hídrico e climático sobre a cultura.

As auxinas agem nos ápices do caule e nas raízes, desempenhando importante função nos processos de crescimento e desenvolvimento geral da planta principalmente na alongação celular, dominância apical, iniciação das raízes e estabelecimento de frutos (TAIZ e ZEIGER, 2013). Tem sido verificado que a auxina age na síntese de RNA mensageiro, induzindo a formação de enzimas que causariam a ruptura das ligações entre as microfibrilas de celulose. As novas enzimas formadas agem sobre polissacarídeos ou glicopeptídeos constituintes das ligações entre as microfibrilas de celulose da parede celular (ESALQ STOLLER, 2017).

Segundo Vieira & Monteiro (2002) as citocininas podem estimular ou inibir uma variedade de processos metabólicos, fisiológicos e bioquímicos nas plantas. Dentre eles a regulação do crescimento e diferenciação, divisão apical, dominância apical, formação de órgãos, retardamento da quebra da clorofila, desenvolvimento dos cloroplastos, senescência foliar, abertura e fechamento dos estômatos, desenvolvimento das gemas e brotações, mobilização de nutrientes e como reguladores da expressão dos genes. Sendo que a citocinina juntamente com a auxina são reguladoras

necessárias para fazer a divisão celular e consideradas como hormônios de importância vital (TAIZ e ZEIGER, 2013). Conforme define Higashi, et al. (2002) as giberelinas estão associadas ao crescimento da haste induzindo grandes aumentos na altura das plantas. Desempenha papel importante na regulação e efeitos nos processos fisiológicos da germinação de sementes, mobilização de reservas armazenadas no endosperma, crescimento da parte aérea, florescimento, desenvolvimento de flores e tamanho do fruto. Tem sido verificado que o ácido giberélico age no DNA nuclear promovendo a formação de RNA mensageiro. Logo depois ocorre a síntese de proteínas e de enzimas como a alfa-amilase, proteases, hidrolases e lípases. Sob a ação da alfaamilase, poderíamos ter a formação de glicose na célula a partir do amido, o que promoveria uma diminuição no potencial osmótico celular, causando um influxo de água e o consequente aumento na dimensão celular. A ação das proteases resultaria na síntese de triptofano a partir do qual ocorreria a formação do ácido indolilacético (IAA). O IAA aumentaria a plasticidade da parede celular causando um aumento na dimensão celular. Alguns pesquisadores consideram que o ácido giberélico (GA) inibe a IAA oxidase, impedindo a inativação da auxina, o que promove maior plasticidade, influxo hídrico e o consequente aumento nas dimensões celulares (ESALQ STOLLER, 2017).

O objetivo principal da aplicação de reguladores de crescimento vegetal na cultura do milho é promover o rápido desenvolvimento inicial das plantas, favorecendo a exploração do solo pelas raízes e o desenvolvimento foliar. Assim, fazendo com que a água, os nutrientes e a luminosidade bem como outros recursos ambientais, sejam melhor aproveitados pelas plantas, em todo seu ciclo. Este estímulo inicial ao desenvolvimento da cultura pode representar maior vantagem competitiva contra plantas indesejáveis ou, mesmo, em relação ao estresse hídrico e climático.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2017/18, em lavoura comercial no município de Aratiba – RS (latitude 27º29’44.0’’ e longitude 52º16’57.1’), com altitude de, aproximadamente, 420 m e clima subtropical úmido (tipo Cfa segundo Köppen). O tipo de solo predominante no local é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (EMBRAPA, 2013). Antes do início da implantação do experimento, realizou-se coleta de solo (profundidade: 0 – 10 cm), sendo obtidos os seguintes valores: Argila: 49%; pH: 5,8; Índice SMP: 6,2; P (mg dm-³): 4,49; K (mg dm-³): 179; M.O. (%): 2.9; H+Al (cmolc dm-³): 3,3; CTC (cmolc dm-³): 18,41; %SAT da CTC Bases: 69,0 e Al: 0,0; S (mg dm-³): 39,0; Zn (mg dm-³): 6,3; Cu (mg dm-³): 5,4; B (mg dm-³): 0,5 e Mn (mg dm-³): 101. A semeadura foi realizada manualmente no dia 20/09/17. A emergência ocorreu sete dias após. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas sementes de milho híbrido simples, variedade 32R48VYHR da empresa Pioneer® que possui como características: ciclo super precoce, porte médio de planta, com elevado potencial produtivo, tolerante à cercosporiose e à mancha de Turcicum. O híbrido também possui sanidade de colmo, grão de textura dura e com coloração amarelo avermelhado e pode servir para produção de silagem (PIONEER, 2017). As sementes continham tratamento industrial com os produtos Dermacor® e Poncho®. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela foi constituída por sete fileiras de plantas de milho, com 3 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m, totalizando uma população final de 69.300 plantas ha-1. Entre as parcelas foi deixado um espaço de 1 m para circulação. No momento da semeadura, utilizou-se 400 kg $ha^{-1}$ de fertilizante mineral NPK (fórmula 05-30-15). A adubação nitrogenada utilizada foi ureia (45%), suplementada com inibidor de urease (Super N). Foram realizadas duas aplicações, sendo a primeira em V3 e a segunda em V6 (3 e 6 folhas, respectivamente), nas quais foram distribuídos 200 kg $ha^{-1}$ em cada aplicação. Para avaliar o efeito do regulador de crescimento sobre o referido híbrido, o experimento foi constituído pelos seguintes tratamentos: T1) testemunha (sem aplicação do regulador); T2) 12,5 mL de regulador de crescimento por $kg^{-1}$ de semente; T3) 12,5 mL do regulador $kg^{-1}$ semente + 250 mL $ha^{-1}$ via foliar (estádio V4); T4) 250 mL $ha^{-1}$ via foliar (estádio V4); e T5) 250 mL $ha^{-1}$ via foliar (estádios V4 e V7). O regulador de crescimento utilizado foi o Stimulate® (Stoller®). O regulador de crescimento foi aplicado nas sementes com o auxílio de um pipetador. Em seguida, as sementes e o respectivo tratamento, foram homogeneizados (por 2 min.) em um saco plástico transparente e, após, as sementes foram deixadas em temperatura ambiente, à sombra, para secar, durante 1 hora. Após este período realizou-se a semeadura do milho. Nos tratamentos em que o regulador foi aplicado “via foliar”, utilizou-se um pulverizador costal com bico TeeJet 0.15 e volume de calda correspondente à 120 L $ha^{-1}$. Efetuou-se o controle de plantas daninhas aos 40 dias após a semeadura. Para isso, foram aplicados os herbicidas Atrazina Nortox 500 SC (seletivo, de ação sistêmica; dose de 5 L $ha^{-1}$), juntamente com Roundup Original DI (gliphosate; não seletivo, ação sistêmica; dose de 2,5 L $ha^{-1}$). A aplicação dos herbicidas foi realizada sobre as mesmas condições de volume de calda e pulverizador. A colheita foi efetuada de forma manual aos 172 dias após semeadura, quando os grãos estavam fisiologicamente maduros. Foi considerada como área útil, as três fileiras centrais. As espigas foram debulhadas manualmente. A umidade dos grãos, no momento da colheita, foi de 14%, não sendo necessária a correção. Em seguida, procedeu-se a determinação da produtividade para os diferentes tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico SANEST.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número estimado de plantas de milho ficou em torno de 69.330 plantas por hectare, sendo que essa população de plantas por hectare está dentro da faixa recomendada para a cultura do milho. Os dados de rendimento de grãos estão apresentados na Tabela 1. A média obtida de todos os tratamentos foi superior à média obtida na região, indicando que de modo geral as plantas responderam positivamente aos tratamentos. Porém, não se observou diferença estatística significativa entre os tratamentos. Embora, considerando-se os valores absolutos, verificam-se resultados maiores nos tratamentos com o uso do regulador de crescimento, onde se observa um aumento de aproximadamente 1.455,00 kg $ha^{-1}$ (24 sacas) para o T5 em relação à testemunha, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Rendimento de grãos de milho submetido a diferentes formas de aplicação do regulador de crescimento.

| Tratamentos | Produtividade | |
|---|---|---|
| | (kg $ha^{-1}$) | (Sacos $ha^{-1}$) |
| T1 Testemunha | 14565,00a | 242,75a |
| T2 Semente | 14790,00a | 246,50a |
| T3 Semente e uma Aplicação Foliar | 15375,00a | 256,25a |
| T4 Uma Foliar | 15700,00a | 261,66a |
| T5 Duas Foliares | 16020,00a | 267,00a |
| Média | | |
| C.V. (%) | 8,94 | |

As médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro; CV: coeficiente de variação. * T1 = testemunha; T2 = regulador de crescimento na semente; T3= regulador de crescimento na semente e uma aplicação foliar; T4= uma aplicação foliar do regulador de crescimento; T5= duas aplicações foliares do regulador de crescimento.

Conforme os dados da Tabela 1 observa-se uma tendência de aumento de produtividade do milho com o uso do regulador de crescimento, via tratamento de sementes e pulverizações foliares. A utilização de bioestimulante promove o crescimento geral da planta, principalmente radicular e estrutural tornando a mesma mais resistente ao estresse hídrico por possibilitar um melhor aproveitamento dos componentes básicos disponíveis no solo. Verificou-se também que a aplicação do regulador de crescimento via pulverização foi mais eficiente do que só na semente, embora não estatisticamente também. Vale a pena salientar que o produto avaliado foi aplicado conforme a recomendação técnica, ou seja, foi aplicado diretamente na semente, antes da semeadura, e via aplicação foliar, sem constatação de problemas de fitotoxidez na cultura. O regulador de crescimento é uma ferramenta alternativa para um melhor manejo da área disponível pelo agricultor, otimizando maiores produtividades na mesma proporção. De acordo com Castro e Vieira (2001) ao verificarem o tratamento do regulador de crescimento no milho, observaram que o produto foi eficiente agronomicamente em função do maior desenvolvimento do sistema radicular, proporcionou maior incremento na absorção de água e nutrientes, maior vigor e atividade fotossintética, adquirindo elevado potencial de aumento em produção. Segundo os resultados de Novakowiski (2011) a produtividade total de trigo para cultivar BRS Guamirim, houve um incremento de (361 kg $ha^{-1}$ ou 6 sacos $ha^{-1}$). Ao analisar a cultivar Quartzo verificou-se um incremento de (435 kg $ha^{-1}$ ou 7,25 sacos $ha^{-1}$) somente na aplicação de sementes e (424 kg $ha^{-1}$ ou 7,1 sacos $ha^{-1}$) quando associado também a semente e aplicação no florescimento em relação ás parcelas que não receberam o tratamento. Vieira e Castro (2001) verificaram que para a cultura da soja, o uso do biorregulador a base de hormônios auxina, giberelina e citocinina aplicados diretamente na semente uma hora antes da semeadura, apresentaram incremento superior em relação à testemunha nas variáveis, crescimento radicular vertical, velocidade de crescimento radicular vertical das raízes, comprimento radicular total e rendimento da cultura. No presente trabalho, a falta de resposta significativa aos tratamentos com regulador de crescimento, pode ser justificada pelas excelentes condições do solo da área experimental e também pelas condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que o regulador de crescimento vegetal utilizado diante das doses e formas de aplicação testadas não apresentou diferença

estatística sobre o rendimento de grãos, embora tenha sido constatada uma tendência favorável ao seu uso o que confirma o potencial do produto. Sugere-se que o experimento seja repetido em outras condições de solo e clima.

## 6. REFERÊNCIAS

ADAPAR (Agência de Defesa Agropecuária do Paraná). Bula Stimulate®. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/stimulate2017.pdf >Acesso em 21 abr. 2018.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E. Atividade aminolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico. Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v. 25, n.1, p. 43-48, 2003.

CASILLAS, V.J.C.; LONDONO, I.J.; GUERRERO, A.H.; BUITRAGO, G.L.A. Analisis cuantitativo de la aplicacion de cuatro bioestimulantes en el cultivo del rabano (Raphanus sativus L.). Acta Agronomica, Palmira, v.36, n. 2, p. 185-195, 1986.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Agropecuária, 132p. 2001.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.5, Safra 2017/18, n.7 - Sétimo levantamento, abr.2018.

EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural) Informativo Conjuntural. nº1.492, p.1, 2018.

ESALQ (Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz"). Agroquímicos estimulantes, extratos vegetais e metabólitos microbianos na agricultura. Série Produtor Rural - nº 63, p. 5-8. Piracicaba, 2017.

FANCELLI, A.L. Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho. Visão Agrícola, v.13, p.20-23, 2015.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GOUVEA, C.F.; BASSO, L.H. Ação fisiológica de hormônios vegetais na condição hídrica, metabolismo e nutrição mineral. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A.. Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal. Maringá: Eduem, 2002. cap 9, p. 139-158.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E. Biorregulador em trigo: efeito de cultivar e estádio fenológico de aplicação. V Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale. Dourados, MS, 2011.

PIONEER. Híbridos de milho 32R48VYHR. Disponível em: < http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/32r48vyhr> Acesso em: 16 abr. 2018.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Sete Lagoas: EMBRAPA- CNPMS, 2006. 6p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 75).

RUSSO, R.O.; BERLYN, G.P. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. Agronomy for Sustainable Development, Versailles, v.1, n.2, p.19-42, 1990.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. Visão Agrícola. V.13, p.8-11, 2015.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2013.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na cultura da soja (Glycine max L. Merrill). Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004. 47p.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v. 23, p. 222-228,2001.

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGER, R.A. Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal. Maringá: Eduem, 2002. cap 6, p. 79-104.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS NITROGENADOS NA CULTURA DA SOJA

**Matheus Giacomoni**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
matheusgiacomoni@outlook.com
**Antonio Sergio do Amaral**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
***Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil***
asamaral@uricer.edu.br;
**Amito José Teixeira**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
***Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil***
amito@uricer.edu.br
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
rocha@uricer.edu.br
**Jardes Bragagnolo**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
jardes@uricer.edu.br
**Daiana Mara Bevilaqua**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
***Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil***
daiana-bevilaqua@hotmail.com
**Fabricio Foiatto**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
fabricio.foiatto@hotmail.com
**Talis Claiton Malacarne**
*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
**Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil**
talisclaiton@gmail.com

**Resumo:** *O presente trabalho teve como objetivo avaliar o rendimento e o peso de mil grãos (PMG) da soja em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados. O experimento foi realizado na localidade de Linha Duas Santa Lúcia, Erechim RS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e três repetições: Tratamento 1 = Testemunha; Tratamento 2 = 23 kg ha$^{-1}$ de N; Tratamento 3 = 43 kg ha$^{-1}$ de N e o Tratamento 4 = 43 kg de N. Todos os tratamentos foram aplicados no dia da semeadura que ocorreu no dia 1º de dezembro de 2017. Nos tratamentos 2 e 3 a fonte de N foi a uréia e no tratamento 4 a fonte foi o Polyblen. O material genético semeado foi a cultivar Brasmax LANÇA IPRO. As variáveis analisadas foram peso de mil grãos e produtividade por hectare. Não houve variação estatística na produtividade e no PMG. Tais resultados eram esperados em função da eficiência da fixação biológica do N na cultura da soja. Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que o rendimento e o peso de mil grãos (PMG) da cultura da soja não foram influenciados pela utilização dos fertilizantes nitrogenados.*
**Palavras chave:** *leguminosas, adubação nitrogenada, fixação biológica, grãos*

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja vem se consolidando ano após ano, por ser uma oleaginosa que proporciona grandes teores de proteínas, muito utilizadas nas formulações de rações para animais, e também como fonte de alimento para seres humanos.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um processo realizado por alguns grupos de microrganismos, que apresentam a enzima nitrogenase funcional o qual será posteriormente utilizado como fonte de nitrogênio (N) para a nutrição das plantas. A FBN se constitui na principal via de incorporação do nitrogênio à biosfera e depois da fotossíntese é o processo biológico mais importante para as plantas e fundamental para a vida na Terra. Estima-se que a FBN tenha uma contribuição global para os diferentes ecossistemas da ordem de 258 milhões de toneladas de nitrogênio (N) por ano, sendo que a contribuição na agricultura é estimada em 60 milhões de toneladas. No Brasil, o caso mais exitoso de sua contribuição é representado pela cultura da soja. Ainda em relação aos benefícios ambientais, a FBN é uma tecnologia que pode dar importante suporte nos esforços de recuperação de áreas degradadas, especialmente onde o uso pouco sustentável do solo resultou na perda de matéria orgânica do solo e na perda de produtividade. O ganho social da tecnologia da FBN pode ser ainda mais evidente no contexto da agricultura familiar, que hoje representa 84,4% dos estabelecimentos rurais e 24,3% da área total cultivada, onde a adoção da tecnologia poderá melhorar a geração de renda e a qualidade de vida das famílias deste segmento agrícola. (EMBRAPA, 2018)

Um dos problemas com a utilização dos fertilizantes nitrogenados industriais reside na baixa eficiência de sua utilização pelas plantas quando aplicado ao solo, raramente ultrapassando 50%. Em se tratando da FBN, é esperado que o aporte de N não exceda as necessidades dos agroecossistemas, ocorrendo poucas perdas e, portanto, não causando poluição.

Caso o fornecimento de nitrogênio para a cultura da soja tivesse que ser efetuado via adubação nitrogenada seria necessário para uma produção média de 49 sacos $ha^{-1}$ produtividade média da soja na safra 2012/2013 um total de 588 kg uréia $ha^{-1}$ (considerando uma eficiência de apenas 60%), a um custo médio outubro de 2013 de R$ 906,00 $ha^{-1}$. O custo por hectare da inoculação é de R$ 8,00. Ou seja, com o processo de inoculação são economizados R$ 898,00 $ha^{-1}$ (EMBRAPA, 2016).

A semente de soja é um grão com grande densidade de nutrientes e alto conteúdo de proteína. Conseqüentemente, as exigências nutricionais da cultura também são altas, pois o N é constituinte de várias moléculas importantes para seu desenvolvimento como proteínas, ácidos nucléicos, alguns hormônios e clorofila (EPSTEIN, 1999).

Uma tonelada de grãos de soja contém em média cerca de 51 kg de N, 5,4 kg de P e 11,2 kg de K. Na maioria dos casos, aplicações de N em pré-semeadura ou na semeadura não são recomendadas. Seus efeitos na produção de grãos de soja têm sido avaliados em muitas pesquisas, com resultados inconsistentes. (LAMOND, 2001)

Portanto, é importante avaliar a eficiência da complementação de N com fontes químicas solúveis na cultura da soja.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

No dia 01 de dezembro de 2017 foi implantado o experimento na localidade de Linha Duas Santa Lúcia, com coordenadas geográficas de latitude 27°36’ 60” e longitude 52°18’09”. Com elevação de 584 m, clima subtropical úmido (tipo Cfa segundo Köppen). O tipo de solo predominante é o Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico. A área experimental vem sendo cultivada com culturas anuais de grãos sob sistema semeadura direta há mais de dez anos. A cultura antecessora era aveia preta. O manejo químico de limpeza da área antes da semeadura da soja foi com 2,5 litros de herbicida roundup transorb $ha^{-1}$ com óleo mineral 300 ml $ha^{-1}$. A quantidade de calda por hectare foi de 120 litros. Cerca de 40 dias antes da semeadura da soja foi feita a dessecação da aveia em cobertura para que a palhada pudesse ficar em estado que propiciasse uma boa semeadura e que o sistema radicular se soltasse totalmente não havendo solo compactado. Os equipamentos utilizados para o semeadura foram um trator marca valtra (BM 110) e uma semeadora semeato (SHM 15/17) com 8 linhas para semeadura de verão com espaçamento entre linhas de 0,42 cm. Com sistema de linha “pula pedra” e disco de corte fixo, a distribuição do adubo era feita em sistema de sulcador, para facilitar a descompactação do solo e aumentar a eficiência da distribuição do fertilizante na linha e proporcionando um ambiente de solo melhor para o desenvolvimento radicular inicial da cultura. A semeadura foi efetuada em velocidade média de 7 km/h em todas as parcelas, a profundidade de semeadura foi regulada a 2 cm.

A semente utilizada foi a cultivar BMX LANÇA IPRO, com tratamento industrial de semente e inoculação, o TSI foi feito com cruiser e maxin. A inoculação da semente foi feita no momento da semeadura, misturou-se o inoculante junto as sementes que após foram depositadas a caixa de semeadura.

A regulagem da semeadora para o fertilizante foi feita em uma área de pousio com tentativa e erro, abrindo ou fechando a saída da quantidade de fertilizante. Foi coletada a quantia de fertilizante que seria depositado por linha. Foram coletadas 3 linhas de semeadura e feito a média das três, posteriormente foram calculados a quantidade de adubo que estaria sendo depositado na lavoura através do número de linhas no hectare.

A regulagem da semente foi feita com base em um manual de regulagem de sementes por $ha^{-1}$ e por metro linear. A alteração da quantidade de sementes na semeadora era feita através de engrenagens com número de dentes diferentes onde mudariam as quantidades a serem depositadas no solo. O sistema todo de deposição de fertilizantes e sementes funciona através da movimentação do pneu.

O experimento foi desenvolvido em blocos ao acaso com 4 tratamentos e 3 repetições, totalizando 12 parcelas. Os tratamentos foram: T1 = Testemunha, sem aplicação de N; T2 = 23 kg de N; T3 = 46 kg de N e o T4 = Polyblen (43 kg de N).

As parcelas tinham 3,36 x 27 m, totalizando 91 $m^2$ de área por parcela. O tratamento 1 (Testemunha) foi realizado sem nada de nitrogênio, tanto na base como em cobertura. Recebendo apenas fósforo e potássio nas mesmas dosagens dos demais tratamentos. Como fonte de fósforo usou-se o super fosfato triplo com 46% de $P_2O_5$ na dose de 200 kg $ha^{-1}$ e o cloreto de potássio com 58% de $K_2O$ na dose de 150 kg $ha^{-1}$ distribuídos a lanço manualmente logo após a semeadura.

Nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada, utilizou-se como fonte de N, uréia (45%) e Polyblen (40%). No tratamento 2 utilizou-se 50 kg de uréia $ha^{-1}$ no sulco de semeadura, isso equivale a 23 kg de nitrogênio $ha^{-1}$. No tratamento 3 utilizou-se 95 kg de uréia $ha^{-1}$ , isso equivale a 43 kg $ha^{-1}$ de nitrogênio e no tratamento 4 utilizou-se como fonte de N o Polyblen na dose de 108 kg $ha^{-1}$ a lanço, isso equivale a 43 kg $ha^{-1}$ de nitrogênio. O polyblen é um fertilizante nitrogenado de liberação lenta, sem perdas por volatilização, podendo ser aplicado em condições de clima desfavoráveis facilitando o manejo das culturas.

Foram realizadas três aplicações de fungicida sendo os produtos utilizados os seguintes: 1ª = FOX (TRIFLOXISTROBINA + PROTIOCONAZOL), dose 400 mL $ha^{-1}$ + AUREO (éster metílico de óleo de soja) na dose 200 mL $ha^{-1}$; intervalo de 18 dias, 2ª = ORKESTRA (FLUXAPIROXADE + PIRACLOSTROBINA) 350 mL $ha^{-1}$ + ASSIST (éster metílico de óleo de soja), na dose 500 mL $ha^{-1}$ + UNIZEB GOLD (MANCOZEBE) 1,5 Kg $ha^{-1}$; intervalo 21 dia 3°= ELATUS (AZOXISTROBINA + BENZOVINDIFLUPIR) 200 gramas $ha^{-1}$ + NIMBUS ( ÒLEO MINERAL) 500 ml $ha^{-1.}$ Também foram utilizados três inseticidas. Para contole de lagarta Falsa-medideira utilizou-se PREMIO (CLORANTRANILIPROLE) 50 ml $ha^{-1}$ , e LANNATE (METOMIlL) 1L $ha^{-1}$ , e CONNECT (IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA) na dosagem de 800 ml $ha^{-1}$ para controle de percevejo verde ( *Nezara viridula* )

A colheita foi realizada manualmente no dia 10 de abril, cerca de 130 dias após a semeadura. Cada parcela possuía 8 linhas de semeadura, deste modo o método de colheita determinado foi de que as três primeiras linhas da esquerda para a direita fossem descartadas colhendo apenas as três seguintes restando mais duas linhas de semeadura que ficariam fora da colheita assim como as três primeiras. Ao todo foram colhidos nove metros lineares por parcela sendo colocados em uma bolsa para evitar a perda de material para após ser processado e avaliado.

A debulha dos grãos também foi feita manualmente, porém, com o auxílio de um trator para agilizar o processo de separação dos grãos e das vagens. A seguir foi feita a limpeza dos grãos com o auxílio de um ventilador, o qual foi usado para limpar as sujidades ali presentes e retirar apenas os grãos da soja. As variáveis analisadas foram peso de mil grãos e produtividade por hectare. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições de cada tratamento. Os resultados foram submetidos a análise de variância, comparando-se as médias pelo teste de tukey, usando o pacote estatístico SANEST.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos com a execução do experimento estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Produtividade e PMG em relação aos tratamentos aplicados.

| **Tratamentos** | Produtividade | | PMG |
|---|---|---|---|
| | kg $ha^{-1}$ | Sacos $ha^{-1}$ | Gramas |
| **T1. Testemunha** | 4.973 a | 83 a | 145,5 a |
| **T2. 23 kg $ha^{-1}$ de N** | 4.410 a | 73 a | 149,6 a |
| **T3. 43 Kg $ha^{-1}$ de N** | 4.259 a | 71 a | 141,6 a |
| **T4. Polyblen** | 4.497 a | 75 a | 143,5 a |
| **Média** | 4.535 a | 75,5 a | 145,05 a |
| **CV (%)** | 9,68 | | 2,67 |

*Letras iguais seguidas na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A produtividade média obtida no experimento foi de 4.535 kg $ha^{-1}$. Este resultado é superior a média do estado do Rio Grande do Sul na safra 2017/2018 que foi de 2.981 kg $ha^{-1}$ e até mesmo da produção média brasileira, que é o segundo maior produtor de soja do mundo, com média de produtividade de 3.333 kg $ha^{-1}$ (CONAB, levantamento de maio de 2018) demonstrando um acréscimo de 34,2% em relação a média de produtividade gaúcha e 26,5% na média brasileira.

A planta absorve e acumula N nas folhas até a fase de formação de legumes (R3 e R4), com maior intensidade a partir da fase de floração. A partir daí a planta transloca esse e outros elementos da folha para a formação e o enchimento de grãos. A presença de teores elevados de nitratos no sulco de semeadura também pode inibir o desenvolvimento dos rizóbios nas raízes de soja. O nitrogênio pode ser aplicado em pequenas quantidades na semeadura para suprir as necessidades da planta até a fase de desenvolvimento de nódulos e a liberação de N pelos rizóbios. (GASSEN, 2002)

De acordo com estudo da Embrapa, a adubação nitrogenada da soja é desnecessária, seja na semeadura ou em qualquer outra fase do desenvolvimento. O Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB) coordenou pesquisa na safra 2012/2013 avaliando a adubação nitrogenada na fase de enchimento de grãos da soja nas principais regiões produtoras. Dos 51 experimentos para avaliar efeito da suplementação com uréia (líquida e granulada), em 98% dos casos foi constatada a inviabilidade da aplicação de nitrogênio. No Brasil, graças ao processo de FBN (Fixação Biológica de Nitrogênio), a inoculação substitui a necessidade do uso de fertilizantes nitrogenados nas lavouras de soja. O inoculante contém bactérias selecionadas do gênero Bradyrhizobium que, quando associadas às raízes de soja, conseguem converter o nitrogênio da atmosfera em compostos nitrogenados, que serão utilizados pela planta, afirma Ieda de Mendes, pesquisadora da Embrapa Cerrados. (GOTTEMS, 2013; HUNGRIA, 2001)

Analisando os dados da tabela 1 pode-se observar que não houve variação estatística na produtividade e no PMG. Tais resultados eram esperados em função da eficiência da fixação biológica do N na cultura da soja. Desta forma, os dados encontrados no presente trabalho confirmam a hipótese de que não há resposta a adubação nitrogenada em soja.

Em comparação com demais estudos os dados obtidos nos experimentos possuem coerência com os dados de pesquisa. A aplicação de fertilizantes nitrogenados em soja na base, não apresenta benefícios em sua grande maioria das vezes tornando-a inviável, pois a planta não terá a necessidade de desenvolver sua nodulação necessária para a fixação biológica de nitrogênio devido que este já esteja ali próximo ao seu sistema radicular disponível na forma de fertilizantes químicos. Os fertilizantes nitrogenados tem uma capacidade de dispersão muito grande, e quando a planta necessitará de N para seu metabolismo e formação dos grãos não terá disponível pois as quantidades que foram distribuídas já não serão mais as mesmas e além disso não terá desenvolvido seu sistema radicular por completo e de fixação de nitrogênio por estar em uma zona de conforto. Isso pode explicar o fato do tratamento 1 (testemunha) ter obtido melhores resultados do que os demais tratamentos, embora não estatisticamente.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que o rendimento e o peso de mil grãos (PMG) da cultura da soja não foram influenciados pela utilização dos fertilizantes nitrogenados.

## 6. REFERÊNCIAS

CONAB: Boletim da safra de grãos. Disponível em https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 14 de junho de 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Fixação Biológica de Nitrogênio. Disponível em: < https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica >. Acesso em: 14 de junho de 2018

EMBRAPA, Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. Soja em número (safra2017/2018) disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-econômicos/ > acessado em 16 de junho de 2018

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária . – Fixação biólogica do nitrogênio Disponível em: < https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica. > acessado em 14 de junho de 2018

EPSTEIN, E. Plants and inorganic nutrients. In: Hopkins, W.G. Introdution to plant physiology. 2 ed. New York: John Wiley, 1999. p. 61-67.

GASSEN, D. N. A necessidade de nitrogênio em soja,. Disponível em:< https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/a-necessidade-de-nitrogenio-em-soja_383613.html>. Acesso em: 18 de junho de 2018

GOTTEMS, L. Aplicação de adubo nitrogenado na soja é desnecessária, aponta pesquisa, Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/aplicacao-de-adubo-nitrogenado-na-soja-e-desnecessaria--aponta-pesquisa_188922.html>. Acesso em 15 de junho de 2018.

HUNGRIA, M. (2001) Adubação nitrogenada na soja, disponivel em < https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/459865/1/57.pdf > acessado em 16 de abril de 2016.

LAMOND, R. E. Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade, disponivel em < http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/23E7264630AABD6383257AA30063E74D/$FILE/Page6-7-95.pdf > acessado em 16 de abril de 2018.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA COBERTURA DE FUNGICIDAS EM SOJA COM DIFERENTES PONTAS DE APLICAÇÃO

**Jardes Bragagnolo**
**Vilmar Matiack Junior**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim, RS, Brasil
jardesb@yahoo.com.br; vilmarmathiack@hotmail.com

**Raquel Lorensi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim, RS, Brasil
raquelorensi@uricer.edu.br

**Deivid Sacon**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
deividsacon@hotmail.com

**Lucas Andrei Favaretto**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
lucas79.andrei@gmail.com

**Paola Mendes Milanesi**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
paola.milanesi@uffs.edu.br

**Luam José Bampi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; Erechim, RS, Brasil
luamjbampi@hotmail.com

***Resumo:*** *A utilização de agrotóxicos auxilia na manutenção da produtividade em soja. Objetivou-se avaliar a qualidade de deposição de gotas de fungicida em soja, cv. BMX Ícone e o efeito sobre a produtividade média. Para o trabalho, utilizaram-se as pontas Cônica - TXA 8002 VK, Defy 3D e Leque - XR 11002 VK, para um volume de calda de 150 L ha$^{-1}$. Para avaliar a qualidade de distribuição da calda, em três estratos do dossel (superior, médio e inferior), utilizou-se papel hidrosensível, que, posteriormente, foi analisado com o software GotasDroid®. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A deposição de fungicida foi menor nos estratos inferiores do dossel. Os parâmetros gotas cm$^{-2}$, L ha$^{-1}$, D10%, D50%, D90%, dispersão de gotas e cobertura de área são promissores na separação dos estratos do dossel de soja quanto à eficiência de aplicação de fungicida. As pontas de pulverização avaliadas nesse trabalho não produziram efeito sobre as características de gota, assim como não impactaram a produtividade média da cultura.*

***Palavras-chave:*** *Glycine max (L.) Merrill, pulverização, Defy 3D, GotasDroid®, dossel.*

## 1.r INTRODUÇÃO

Na atualidade, o uso de agrotóxicos nos cultivos agrícolas é importante para a manutenção de altas produtividades. Por isso, uma adequada aplicação desses produtos é primordial, dado que a finalidade de uso de um agrotóxico é atingir o alvo biológico aos quais se destina, a fim de que o mesmo atue com a esperada eficácia, evitando desperdícios.

Dentre os fatores de perdas presentes em um tratamento fitossanitário, a deriva pode ser um dos mais impactantes (Arvidsson *et al.*, 2011; Gandolfo *et al.*, 2016). A propensão à deriva pode ser demonstrada pela quantidade total de gotas pulverizadas, menores do que 100 micras e, consequentemente, quanto maior for essa quantidade, maior será a possibilidade de ocorrer deriva. As perdas ainda podem ocorrer por: escorrimento do produto na planta, a composição da calda e fatores ambientais no momento da aplicação, considerando-se que a velocidade do vento, a temperatura e a

umidade do ar são os fatores meteorológicos mais relevantes para a obtenção de qualidade na aplicação de agrotóxicos (Gandolfo *et al.*, 2014; Gandolfo *et al*., 2016).

A umidade do ar e a temperatura atuam de forma conjunta, acelerando a evaporação da composição volátil das gotas. Com isso, a água que forma a gota é dissipada para o ambiente, na forma de vapor, e a gota se torna mais leve, o que facilita a ação do calor ou arraste pelo vento. Diversas tecnologias de aplicação prometem uma maior padronização do tamanho de gotas, em que a considerada ideal seria aquela gota que evitasse seu transporte horizontal ou vertical (Gandolfo *et al.*, 2014; Gandolfo *et al*., 2016).

Para avaliação das características das gotas empregadas na aplicação de um agrotóxico, geralmente faz-se uso de um objeto sintético implantado em meio à cultura. Segundo Baio *et al.* (2015), muitas análises empregam o papel sensível à água para a visualização do tamanho de gotas. A avaliação dessa variável é importante, pois permite inferir se houve ou não eficiência na aplicação do agrotóxico, bem como fornece subsídios para conhecer a deposição do produto, assim como os prováveis dispêndios por deriva vertical, horizontal ou escorrimento (Antuniassi e Baio, 2009).

Diversos trabalhos, relacionados à tecnologia de aplicação, usam o papel hidrosensível como objeto sintético para designação do espectro de gotas provenientes da pulverização (Balan *et al.*, 2005). Todavia, a distribuição de gotas pela superfície do papel hidrosensível, pode apresentar alteração devido à composição da calda, modificando o seu espalhamento (Corrêa e Held, 1982), o que seria, portanto, uma limitação desse método.

Adicionalmente, também são utilizados alguns *softwares* para averiguar a dispersão de gotas na zona úmida sobre o objeto sintético. Segundo Embrapa (2014a) os agricultores poderão controlar melhor a quantidade de um determinado agrotóxico que foi aplicado sobre uma cultura, bem como verificar se a pulverização foi bem distribuída e, portanto, segura. Tal controle pode ser realizado com o auxílio de um aplicativo para dispositivos móveis denominado *GotasDroid*®. Esse *software* tem a finalidade de coletar imagens por fotos, com autofoco e melhor qualidade de resolução além de ferramenta de recorte, para focar em uma determinada área da amostra, eliminando automaticamente manchas que não sejam consideradas gotas. Isso é importante pois, na maioria dos casos, pode haver escorrimento do produto (Embrapa, 2014b).

A medição do número de gotas $cm^{-2}$ pode ser facilmente obtida utilizando-se papel hidrosensível. Para isso, os papeis devem ser distribuídos pelo dossel e, após, pulveriza-se água nas mesmas condições empregadas durante a pulverização de um determinado agrotóxico (Alonso, 1998). Quanto ao tamanho de gotas que se deseja obter, o tipo de ponta de pulverização é importante, visto que esta é a peça final do pulverizador e tem por função formar gotas (Garrido, 2003). Na maioria das vezes, a vazão do pulverizador é estabelecida pela vazão da ponta ou pelo somatório das vazões das pontas (quando existirem várias). Assim, além de ser responsável pela qualidade das gotas formadas, é também fundamental na calibração da vazão do pulverizador, a fim de que as gotas atinjam o alvo biológico (Embrapa, 2014).

De acordo com Sidahmed (1998), as pontas de pulverização são os componentes mais significativos dos pulverizadores. Atualmente, existem no mercado diferentes tipos, as quais conferem variada capacidade de cobertura do alvo. A utilização de pontas de pulverização de boa qualidade, que proporcionem cobertura homogênea com espectro de gotas uniforme, é importante para obtenção de uma eficiente aplicação de agrotóxicos. Assim, o estudo do espectro de gotas produzidas pelas pontas de pulverização é importante, visto a eficiência de aplicação de fungicidas, inseticidas e herbicidas (Cunha e Teixeira, 2001). Para a aplicação de fungicidas na soja, as pontas mais utilizadas são aquelas que produzem gotas finas, mas, em virtude de seu espectro de gotas, a deriva é eminente. Nesse sentido, tem-se tentado utilizar pontas que produzam gotas maiores, tais como as de jato plano com pré-orifício e jato plano com indução de ar. Essas, no entanto, podem comprometer a cobertura da calda sobre as plantas, pois as gotas são de maior tamanho (Souza *et al.*, 2007) e, consequentemente, poderá haver menor eficiência no controle de doenças foliares.

Pelo exposto, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a qualidade de deposição de gotas de fungicida em três estratos do dossel na cultura da soja, com diferentes pontas de pulverização a mesma dose de calda aplicada e os efeitos sobre a produtividade de grãos.

## 2.r MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em Erechim – RS, em uma área com coordenadas geográficas de latitude: -27.728681°S e longitude: -52.285852°W, na safra 2017/18. Foi utilizada a cultivar de soja BMX Ícone, semeada no dia 23/11/2017. A população final de plantas para essa cv. foi de 280.000 plantas $ha^{-1}$, semeada em 6 linhas, com espaçamento de 0,50 m entre linhas. Cada parcela totalizou 18 $m^2$ (3 m largura x 6 m comprimento). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições por tratamento.

Os tratamentos avaliados foram: T1) Ponta Cônica TXA 8002 VK; T2) Ponta *Defy 3D*; e T3) Ponta Leque XR 11002-VK. Foram realizadas quatro aplicações (estádios V6, R1, R3 e R5.2) dos fungicidas: protioconazol + trifloxistrobina (1ª aplicação); bixafem + protioconazol + trifloxistrobina (2ª e 3ª aplicações); e trifloxistrobina + ciproconazol + mancozebe (4ª aplicação), utilizando-se sempre as mesmas pontas para cada parcela correspondente para todas as aplicações. As aplicações foram realizadas com o auxílio de um pulverizador pressurizado a $CO_2$, com uma vazão constante de 150 L $ha^{-1}$. As aplicações foram realizadas entre os meses de janeiro e fevereiro de 2018.

Para a aplicação realizada no estádio R5.2 (em 23/02/2018) foi realizada a avaliação da qualidade de aplicação do fungicida. Para isso, utilizou-se etiquetas de papel hidrosensível (dimensões: 26mm x 76mm; marca: Micron), com a finalidade de verificar a dispersão de gotas no dossel da cultura. Os papeis foram distribuídos nos estratos superior, mediano e inferior das plantas. Após a pulverização em cada parcela, as etiquetas de papel hidrosensível foram cuidadosamente coletadas e, em seguida, levadas ao laboratório para análise por meio do aplicativo *GotasDroid*® (Embrapa, 2014).

As amostras coletadas foram fotografadas e as imagens foram inseridas no aplicativo, podendo-se calcular os parâmetros de deposição do fungicida. Aplicou-se um realce na imagem para melhorar a qualidade visual da mesma, facilitando a visualização das gotas do fungicida aplicado. Após estes ajustes, a imagem foi processada e determinou-se o número de gotas encontradas na amostra, densidade de gotas (n° $cm^{-1}$), volume de calda na amostra (L $ha^{-1}$), diâmetro volumétrico D10 (%), diâmetro volumétrico D50 (%), diâmetro volumétrico D90 (%), fator de dispersão do tamanho de gotas e percentual (%) de cobertura.

O diâmetro volumétrico D10 representa a distribuição dos diâmetros das gotas menores de maneira que compõe 10% do volume total do líquido na amostra, o D50 representa a distribuição dos diâmetros das gotas compondo 50% do volume total de líquido na amostra, e o D90 representa a distribuição dos diâmetros das gotas menores que compõe 90% do volume total de líquido na amostra.

Também foi realizada a determinação da biomassa de parte aérea da soja, no mesmo dia que a avaliação da dispersão das gotas (R5.2). Para isso, foram coletadas plantas de 2 m lineares de duas fileiras, totalizando 2 $m^2$. As plantas foram cortadas rente ao solo e, posteriormente secas em estufa com circulação de ar forçada a 60 °C até peso constante. Posteriormente, as plantas foram pesadas e seu peso convertido para kg $ha^{-1}$.

A colheita foi efetuada após a maturação fisiológica dos grãos e a queda das folhas das plantas, considerando-se uma área útil de 4,0 m² por parcela. Posteriormente realizou-se a debulha das vagens através de uma trilhadora estacionária de parcelas. Os componentes de rendimento, para cada tratamento, foram quantificados considerando-se o número de vagens por planta, a partir de uma amostra de dez plantas por parcela, coletadas aleatoriamente no momento da colheita, e o peso de mil grãos. A umidade dos grãos foi determinada pelo método de estufa a 105 °C (Brasil, 2009) e, posteriormente, os valores foram corrigidos para 13%. Em seguida, esses valores foram somados ao peso total de grãos de cada tratamento, a fim de obter-se a produtividade total (kg $ha^{-1}$).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, caso significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas com auxílio do *software* SigmaPlot 11.0.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No momento da avaliação da deposição das gotas no dossel da cultura as plantas apresentavam peso de matéria seca da parte aérea de 4749 kg $ha^{-1}$, valor considerado como elevado segundo Marcelo *et al.* (2012). Isso pode influenciar a penetração das gotas de fungicida no dossel da cultura. Na análise de variância, observou-se que o parâmetro número de gotas não diferiu significativamente entre as pontas de pulverização testadas. Já para gotas $cm^{-2}$, L $ha^{-1}$, D10%, D50%, D90%, dispersão de gotas e cobertura de área houve diferença estatística somente para o estrato do dossel (Tab. 1).

Tabela 1 - Probabilidades de significância da análise de variância (ANOVA) para as variáveis resposta obtidas por meio de papel hidrosensível na aplicação de fungicida em soja, cv. BMX Ícone, no estádio R5.2. Erechim, 2017/18.

| Variáveis | Número de gotas | Gotas $cm^{-2}$ | L $ha^{-1}$ | D10% | D50% | D90% | Dispersão | Cobertura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dossel | 0,080$^{ns}$ | 0,019$^{*}$ | 0,001$^{*}$ | 0,001$^{*}$ | 0,025$^{*}$ | 0,003$^{*}$ | 0,001$^{*}$ | 0,001$^{*}$ |
| Ponta | 0,624 | 0,307 | 0,982 | 0,511 | 0,866 | 0,755 | 0,956 | 0,916 |
| Dossel x Ponta | 0,551 | 0,485 | 0,970 | 0,007$^{*}$ | 0,041$^{*}$ | 0,056 | 0,091 | 0,981 |

$^{ns}$ Não significativo. $^{*}$ Significativo ($p \leq 0,05$).

Os resultados obtidos demonstram que houve deposição de calda de forma diferente nos terços do dossel da cultura (Tabela 2), destacando-se que o número de gotas $cm^{-2}$ no terço inferior foi superior ou igual aos demais. Isso está relacionado a maior concentração de gotas pequenas, o que pode ser vinculado a maior facilidade de penetração no dossel, corroborando com Reis *et al.* (2010).

Em contrapartida o tamanho das gotas para D10%, D50% e D90% foram de, respectivamente 36,6%; 56,7%; e 58,0% do tamanho de gotas observado no estrato superior do dossel, implicando em uma menor cobertura (Tab. 2). Embora tenha havido um número maior de gotas, o fato delas terem um menor diâmetro facilitou a penetração no dossel e, assim, elas estariam mais propícias a dispersão, visto que a qualidade da cobertura de um alvo biológico está condicionada ao diâmetro de gotas. Esse resultado corrobora com Cunha *et al.* (2006), que também observaram uma maior penetração no dossel por gotas de menor diâmetro. Cabe destacar que, ao utilizar um mesmo volume de calda, ao se reduzir o diâmetro das gotas para ampliar a cobertura, maior é a possibilidade de causar deriva de produto. Isso

depende não apenas da velocidade do vento, mas também da temperatura e umidade do ar, causando perdas por evaporação (Christofoletti, 1999).

Tabela 2 – Variáveis relacionadas à deposição de fungicida, conforme o estrato do dossel da soja cv. BMX Ícone, e do tipo de ponta de pulverização (Cônica TXA 8002 VK – C, *Defy* 3D – D e Leque XR 11002 VK – L), para uma vazão de 150 L ha$^{-1}$. Erechim, 2017/18.

| Estrato do Dossel | Ponta | Número de gotas | Gotas cm$^{-2}$ | L ha$^{-1}$ | D10% | D50% | D90% | Dispersão | Cobertura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Superior | C | 208,5 | 41,7 | 67,3 | 465,2 | 590,6 | 1034,7 | 0,70 | 8,16 |
| | D | 77,0 | 13,9 | 71,7 | 518,4 | 847,7 | 1085,1 | 0,67 | 8,14 |
| | L | 66,8 | 13,1 | 60,7 | 466,0 | 779,3 | 1023,0 | 0,72 | 7,31 |
| Média | | 117,4 a* | 22,9 a | 66,6 a | 483,2 a | 739,2 a | 1047,6 a | 0,69 b | 7,87 a |
| Mediano | C | 67,8 | 9,8 | 31,6 | 348,7 | 568,5 | 675,5 | 0,68 | 3,87 |
| | D | 41,5 | 7,0 | 28,7 | 454,8 | 741,6 | 947,5 | 0,65 | 3,32 |
| | L | 148,0 | 24,8 | 34,5 | 136,5 | 280,4 | 375,5 | 0,93 | 3,50 |
| Média | | 85,8 a | 13,9 b | 31,6 b | 313,3 b | 530,1 ab | 666,2 b | 0,75 b | 3,56 b |
| Inferior | C | 225,0 | 60,9 | 12,1 | 187,0 | 467,3 | 703,6 | 1,28 | 1,96 |
| | D | 218,3 | 43,5 | 3,5 | 73,0 | 202,6 | 359,6 | 1,35 | 0,91 |
| | L | 195,0 | 34,1 | 14,5 | 271,0 | 587,6 | 760,5 | 0,93 | 2,12 |
| Média | | 212,8 a | 46,2 a | 10,0 b | 177,0 c | 419,2 b | 607,9 b | 1,18 a | 1,66 b |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os resultados obtidos representam que o estrato superior obteve 4,9 vezes mais cobertura da área superficial pela deposição das gotas do que o estrato inferior e 2,2 vezes mais que o estrato mediano, o que pode estar associado a área foliar da soja que impede a passagem do fungicida para as partes mais baixas das plantas (Tab. 2). Estudos sobre padrões de deposição de pulverização indicam variabilidade na deposição dos agrotóxicos ao longo das aplicações programadas para uma determinada cultura, reduzindo a eficácia dos tratamentos (Gupta e Duc, 1996; Pergher *et al.*, 1997).

De maneira geral, a deposição é menor nos estratos mais inferiores e internos do dossel. No caso de fungicidas, esta desuniformidade proporciona redução no controle de doenças, como a ferrugem asiática da soja, principalmente em se tratando de fungicidas de contato e que requerem a cobertura uniforme de toda a planta (Reis *et al.*, 2010).

Com relação à produtividade média (kg ha$^{-1}$) da soja para os tipos de pontas de pulverização utilizadas, não verificou-se diferença significativa (Tabela 3). Contudo, a produtividade média obtida apresentou-se acima da média estadual, estimada em 2923 kg ha$^{-1}$. Cabe destacar que, na safra 2017/18, houve um período de estiagem, nas quais a distribuição das precipitações pluviais foi irregular, caracterizada pelo fenômeno "La Niña" (CONAB, 2018).

Tabela 3 – Produtividade média (kg ha$^{-1}$), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), para a soja cv. BMX Ícone, com aplicação de fungicida utilizando diferentes pontas de pulverização (Cônica TXA 8002 VK, Defy 3D e leque XR 11002-VK), na safra 2017/2018.

| Ponta de pulverização | Produtividade média (kg ha$^{-1}$) | Desvio padrão | Coeficiente de variação (%) |
|---|---|---|---|
| Cônica TXA 8002 VK | 3192,1$^{ns}$ | 350,9 | 9,1 |
| *Defy* 3D | 3385,4 | 270,2 | 12,5 |
| Leque XR 11002 VK | 3370,8 | 545,5 | 6,2 |
| Média | 3316,1 | - | - |

$^{ns}$ Não significativo pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

## 4.r CONCLUSÕES

- A deposição de fungicida é menor nos estratos inferiores do dossel de soja cv. BMX Ícone.

- Os parâmetros gotas $cm^{-2}$; L $ha^{-1}$; D10%; D50%; D90%; dispersão de gotas; e cobertura de área são promissores na separação dos estratos do dossel quanto à eficiência de aplicação de fungicida.

- As pontas de pulverização avaliadas (Cônica TXA 8002 VK, Defy 3D e Leque XR 11002 VK) não tem efeito sobre as características de gota e a produtividade média da soja cv. BMX Ícone, nas condições desse trabalho.

## 5.r REFERÊNCIAS

Alonso, A.S., 1998. Equipamentos e tecnologias de aplicação de defensivos. In: Medeiros, C.A.B., Raseira, M.C.B. *A cultura do pessegueiro*. Brasília, DF: Embrapa SPI, p.296-317.

Antuniassi, U.R. e Baio, F.H.R., 2009. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: Vargas, L.; Roman, E.S. (Org.) *Manual de manejo e controle de plantas daninhas*. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa, p.173-212.

Arvidsson, T., Bergström, L. e Kreuger, J., 2011. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. *Pesticide Management Science*, v. 67(5):586-598.

Baio, F.H.R., Scarpin, I.M. e Silva, E.E. da., 2015. Papel hidrossensível e alternativo fotográfico em ensaios de deposição de gotas. 2015. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering,* v. 9, n. 4, p. 339-347.

Balan, M.G., Abi-Saab, O.J.G., Fonseca, I.C.B., Silva, C.G. e Sasaki, E.H., 2005. Pulverização em alvos artificiais: avaliação com o uso do software e conta-gotas. *Ciência Rural*, v. 35, n. 4: 916-919.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. *Regras para Análise de Sementes (RAS)*. Brasília: Mapa/Assessoria de Comunicação Social, 399 p. –Disponível em:<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_se-mentes.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2016.

EMBRAPA, 2014a. Embrapa lança aplicativo para controle do uso de agrotóxicos. 10 out. 2017. <http://www. cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php ?id=1180>.

EMBRAPA, 2014b. Software auxilia produtor a economizar na aplicação de defensivos. 16 nov. 2017. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1901135/software-auxilia-produtor-a-economizar-na-aplicacao defensivos>.

Christofoletti, J.C., 1999. *Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle*. São Paulo: Teejet, 15p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. 29 junho. 2018. <http://C:/Users/kauana/Downloads/BoletimZGraosZabrilZ2018.pdf>.

Corrêa, H.G. e Held, J., 1982. Produção e utilização de gotas com diâmetro uniforme. Bragantia, v. 41, n. 1, p. 1-9.

Cunha, J.P.A.R., Reis, E.F. e Santos, R.O., 2006. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. *Ciência Rural,* Santa Maria, v.36, n.5, p.1.360-6, 2006.

Cunha, J.P.A.R. e Teixeira, M.M., 2001. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 344-348.

Gandolfo, M.A., Carvalho, F.C., Chechetto, C.G., Gandolfo, U.D. e Moraes, E.D., 2014. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p.66-73.

Gandolfo, M.A. e Moraes, E.D., 2016. O Custo da Deriva. *Máquinas Cultivar*, Pelotas RS, v. 14, n. 167, p.14-16.

Garrido, L.R., 2003. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: *Sistema de Produção de Pêssego de Mesa na Região da Serra Gaúcha.* 03 set. 2018. <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/PessegodeMesaRegiaoSerraGaucha/defensi.htm>.

Gupta, C.P. e Duc, T.X., 1996. Deposition studies of a hand-held air assisted electrostatic sprayer. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.39, n.5, p.1633-1639.

Marcelo, A.V., Corá, J.E. e Fernandes, C., 2012. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. I - Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 36, p. 1553-1567.

Pergher, G., Gubiani, R. e Tonetto, G., 1997. Foliar deposition and pesticide losses from three airassisted sprayers in a hedgerow vineyard. *Crop Protection*, Guildford, v. 16, n. 1, p. 25-33.

Reis, E.F., Queiroz, D.M., Cunha, J.P.A.R. e Alves, S.M.F., 2010. Qualidade da aplicação aérea líquida com uma aeronave agrícola experimental na cultura da soja (Glycine Max L.). *Revista Engenharia. Agrícola.,* Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 958-966.

Sidahmed, M.M., 1998. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. *Transaction Softher ASAE*, v. 41, n. 3, p. 531-536.

Silva, O.C., 1999. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: Canteri, M.G. *Principais doenças fúngicas do feijoeiro*. Ponta Grossa: UEPG. p. 127-137.

Sousa, R.T., Castro, R.D. e Palladini, L.A., 2007. Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, p. 75-82.

Teixeira, S., 2017. Pulverização agrícola: saiba mais sobre esse método de controle de pragas e doenças. Cursos CPT. 25 out. 2017. <https://www.cpt.com.br/cursos-mecanizacao-agricultura/artigos/pulverizacao-agricola-saiba-mais-sobre-esse-metodo-de-controle-de-pragas-e-doencas>.

Vasquez, J., 2004. Aplicación de produtos fitossanitários- técnicas y equipos. *Ediciones Agrotecnicas*, 389 p.

## 6. AVISO DE RESPOSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* SOB DIFERENTES APLICAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

**Jéssica Cristina Backes**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
jessica96cristina@hotmail.com

**Marciana Brandalise**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
marcinha12355@hotmail.com

**Franciele Rosset de Quadros**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
franr@uri.com.br

**Ivan Luís Rovani**
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP, Departamento de Hidrobiologia
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
ivanrovani@yahoo.com.br

**Vanderlei Secretti Decian**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
vdecian@uri.com.br

**Resumo.** *O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, dentre os quais, o nitrogênio (N), que é extraído e transportado em maiores quantidades. Uma das principais limitações para alcançar altos valores de produtividade está relacionada ao uso e manejo da adubação nitrogenada. Neste sentido, torna-se necessário estudar técnicas alternativas como a fixação biológica do nitrogênio (FBN) que ocorre por meio de bactérias fixadoras de N. O estudo teve por objetivo avaliar, em condições de campo, a produtividade do feijão-comum Phaseolus vulgaris em função do uso de inoculante e de doses de N. O experimento foi conduzido na área experimental do Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, situada no município de Erechim - RS. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, composto de seis tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação de N em semeadura e em cobertura, sem e com a adição de inoculante contendo bactérias Rhizobium tropici, além de uma testemunha sem aplicação de N e sem inoculação. A dose de N aplicado em semeadura combinado à inoculação das sementes promoveu aumento significativo no peso de mil grãos. Os demais fatores analisados não demonstraram diferença significativa entre eles e para as variáveis com e sem inoculação e doses de nitrogênio. A utilização de inoculante Rhizobium tropici é uma alternativa de fonte nitrogenada para a cultura do feijoeiro, dispensando a adubação nitrogenada de cobertura.*

**Palavras-chave:** *Feijão-comum. Fixação biológica de nitrogênio. Produtividade.*

## 1. INTRODUÇÃO

A base da alimentação proteica no terceiro mundo é composta pelas plantas da família Fabaceae, comumente chamadas de leguminosas e que representam um grande número de espécies de grande importância econômica (Gaertner, 2003). O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, dentre os quais o nitrogênio (N) é extraído e transportado em maiores quantidades, principalmente por ser um nutriente essencial na composição da molécula de

proteína. Este elemento pode ser disponibilizado para a cultura de três maneiras, pela mineralização do solo, pela adição de fertilizantes químicos nitrogenados ou por meio da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) (Fonseca, 2011).

Dentre as principais dificuldades da cultura, destaca-se a realização do adequado manejo de adubação nitrogenada, uma vez que a aplicação de doses excessivas de N elevam os custos econômicos e causam sérios riscos ambientais. Por sua vez, a utilização em quantidades insuficientes pode limitar o potencial produtivo da cultura (Mercante et al.,2006).

Uma das soluções para estes problemas é o aproveitamento dos benefícios da FBN, mesmo que seja apresentada como alternativa de fornecimento parcial de N, pois dentre as leguminosas, o feijoeiro-comum é aquela em que a FBN se apresenta com menor eficiência, em decorrência de diversos fatores relacionados à interação ambiente/bactéria/planta. A utilização de inoculantes eficientes, aliados a um melhor manejo das condições físicas e químicas do solo, é uma alternativa para aumentar a produtividade do feijoeiro, diminuindo impactos ambientais e custos produtivos (Oliveira et al., 2011).

Um dos fatores visando o aumento da produtividade do feijoeiro é a busca pela melhoria da eficiência do processo de nodulação e consequentemente da FBN (Franco et al., 2002). Além disso, a melhora do desempenho simbiótico possibilita que o uso de fertilizantes nitrogenados seja reduzido ou ainda dispensado, obtendo-se maiores produtividades.

O estudo do uso de técnicas e tecnologias associadas à produção e produtividade do feijão é importante, pois o impacto econômico e social que esta cultura agrícola desempenha no Brasil está associado a imóveis rurais com menor quantidade de área disponível para o cultivo de outras monoculturas. Diante deste contexto, este estudo, visou avaliar os efeitos da inoculação de *Rhizobium tropici* sob diferentes aplicações de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris*, observando o desenvolvimento das plantas e desempenho de produtividade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na área experimental do Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (27º36’30” a 27º36’57.1” de Latitude Sul e 52º13’30” a 52º14’6.5” de Longitude Oeste, a uma altitude de 750 metros) localizada no município de Erechim, região Norte do Rio Grande do Sul (Figura 1).

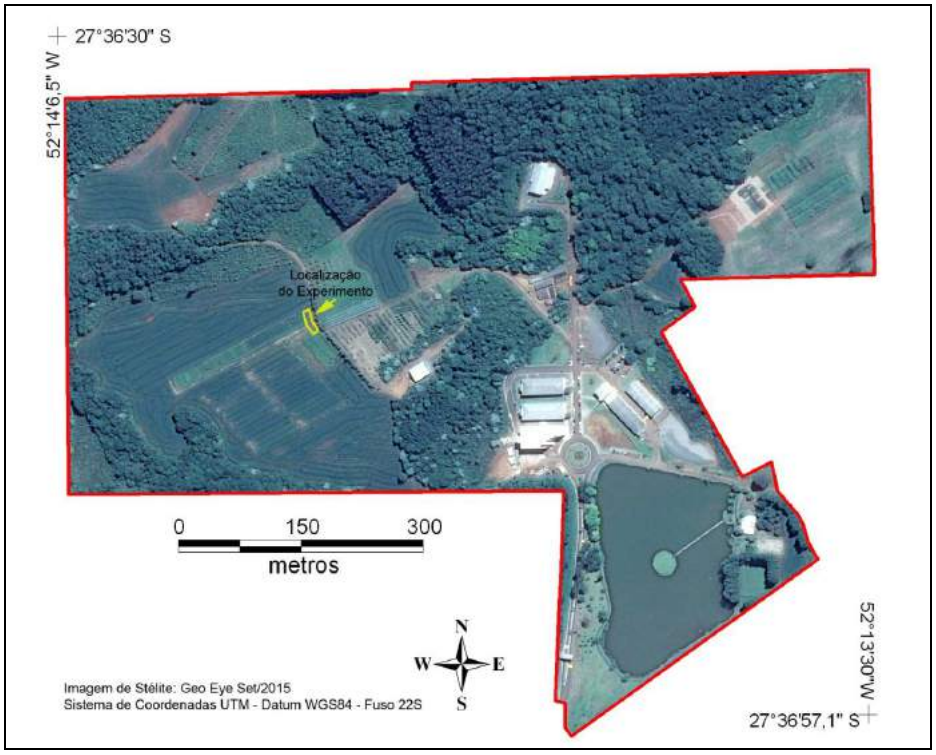



Figura 1. Localização do experimento junto ao Campus II – URI Erechim, RS.

### 2.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, composto de seis tratamentos com quatro repetições, totalizando 24 unidades amostrais. Cada unidade amostral foi composta por sete linhas de cultivo, espaçadas 0,45 m entre si e com cinco metros de comprimento, totalizando 15,75 $m^2$. Foram consideradas como parcela útil as três linhas centrais da parcela, descartando-se como bordadura, quatro linhas laterais (duas de cada lado) e um metro de

cada extremidade da parcela, totalizando 4,05 $m^2$ de área útil. O inoculante utilizado foi o Masterfix Stoller® Feijão à base de turfa contendo estirpe de *Rizobium tropici* SEMIA 4080, na proporção de 200 g de turfa ($10^9$ células $g^{-1}$ de turfa) para 50 kg de sementes, acrescentando-se 300 mL de solução açucarada a 10 % (p:v), visando à melhoria de sua aderência às sementes (Fonseca, 2011).

A dose de nitrogênio foi estabelecida com base nas necessidades da cultura para obtenção de uma produtividade de 2,0 ton $ha^{-1}$ de grãos (De Bona et al., 2016). Utilizou-se a cultivar de feijão TPS Nobre pertencente ao grupo preto, Tipo II, de crescimento indeterminado, porte ereto e ciclo intermediário (cerca de 80 a 100 dias). Esta cultivar possui sementes com tegumento de cor preta e fosca e destaca-se pela elevada produtividade e qualidade de grãos.

### 2.2 Instalação e condução

O experimento foi implantado em sistema de semeadura direta sobre palhada residual (em torno de 3,0 ton $ha^{-1}$) de aveia preta (*Avena strigosa* S.), em sucessão com a cultura do milho em área com sistema de plantio direto consolidado (SPD). Anteriormente à implantação da cultura foram determinadas as características químicas do solo de 0,0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m de profundidade.

A semeadura foi realizada na segunda quinzena de outubro (28/10/2017) de forma manual, adotando-se o espaçamento de 0,45 m entre linhas e 0,089 m entre plantas visando à obtenção de densidade populacional aproximada de 250.000 plantas $ha^{-1}$ e profundidade de semeadura de 0,03 a 0,04 m. As sementes de feijão foram previamente inoculadas com bactérias *Rhizobium tropici*, conforme os tratamentos, e imediatamente semeadas. Antes da semeadura, a área foi adubada com 380 kg $ha^{-1}$ do formulado NPK, 05-20-20, aplicado na linha de cultivo com uma semeadora adubadora, marcando assim as linhas de cultivo para a semeadura, exceto para o tratamento 6, onde T1 não recebeu nenhum tipo de adubação (NPK) e o T6 recebeu a adubação de base à lanço após a semeadura. A semeadura foi realizada utilizando-se enxada e fita métrica, permitindo a abertura das covas e o controle da distância entre plantas na linha de cultivo. Foram utilizadas duas sementes por cova, mantendo apenas uma planta por cova após o desbaste que ocorreu no estádio V1 do desenvolvimento.

A emergência das plântulas ocorreu aos 7 DAS (dias após a semeadura) e a adubação de cobertura foi realizada aos 46 DAE (dias após a emergência) apenas com N mineral, conforme estabelecido pelos tratamentos, tendo-se como fonte nitrogenada a ureia (45% de N). A dose de 50 Kg $ha^{-1}$ de N foi determinada em função da matéria orgânica do solo com expectativa de rendimento de 2 t $ha^{-1}$, a necessidade de adubação foi dividida em duas aplicações, sendo 38% do total aplicada na base a fim de promover melhor arranque inicial e, para os tratamentos que receberam duas doses o restante (62%) foi aplicado em cobertura no estádio R5 do desenvolvimento da cultura. Tal estratégia de manejo foi utilizada em função das condições climáticas como, falta de chuvas e intenso calor no período de 20 a 25 DAS, que provocariam a não utilização do nutriente em função da sua rápida volatilização nessas condições.

O controle de plantas daninhas foi realizado de forma manual, com capina em toda área experimental quando da incidência destas. O controle de pragas foi realizado por meio de inseticida com modo de ação sistêmica e denominado comercialmente como Connect® (Beta-Ciflutrina, Imidacloprido), na dose 0,750 L $ha^{-1}$. Devido a não ocorrência de doenças não foi necessário a aplicação de defensivos agrícolas (fungicidas e acaricidas) no período.

Todas as aplicações de defensivos agrícolas foram feitas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do feijoeiro, sendo adaptadas as doses para pulverização com pulverizador costal de 20 litros, de acordo com o tamanho da área do experimento. Em todas as aplicações foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPI) na condução das práticas de manejo.

### 2.3 Obtenção e análise dos dados

Para a avaliação dos componentes de produção, foram coletadas todas as plantas das três linhas centrais da parcela, descartando-se um metro de cada extremidade. Desta forma, avaliou-se a produtividade de grãos (PG), os componentes do rendimento (número médio de vagens por planta (NVP), número médio de grãos por vagem (NGV) e peso médio de 1000 grãos (PMG)), além do estande final de plantas (EFP). Todos os fatores avaliados foram quantificados mediante a colheita de todas as plantas pertencentes às três linhas centrais de cada parcela e convertidas para unidades de medida padrão para fins de avaliação estatística. A produtividade de grãos foi avaliada a partir da debulha e pesagem dos grãos, com peso corrigido para 13% de teor de água, com base nas Regras para análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). Os dados referentes ao rendimento de grãos e estande final de plantas foram extrapolados para área de um hectare.

Os dados de produção e produtividade foram medidos, tabulados em planilhas eletrônicas, submetidos à conferência quanto à normalidade e posteriormente submetidos à análise estatística. Para avaliar as diferenças entre os tratamentos, foi realizada uma ANOVA Two-way, que posteriormente foi submetida ao Teste de Tukey para verificação de significância ($p<0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013) usando funções do pacote “vegan” (Oksanen et al., 2013).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância não demonstram diferença significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para o experimento desenvolvido a campo com o feijoeiro da variedade FT Nobre, avaliado aos 110 dias após a semeadura, quando atingiram o ponto de maturação fisiológica.

As análises realizadas indicaram que a inoculação com produto comercial promoveu efeito significativo ($p<0,05$) na variável PMG para o tratamento com inoculação e adubação nitrogenada apenas na base de semeadura. Porém, a interação dos fatores não foi significativa entre os tratamentos com e sem inoculante e entre as variáveis, estande final de plantas, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem e produtividade de grãos (Tabela 1).

Este resultado demonstra à probabilidade de nos tratamentos não inoculados, haver a presença de bactérias nativas do solo que proporcionaram que ocorresse a nodulação nas raízes do feijão e consequentemente a fixação biológica de N. Para Rumjanek *et al.* (2005), a densidade de células no inoculante não é a única responsável por promover nodulação satisfatória, outros fatores como, a interferência dos fatores ambientais e do solo e a capacidade de sobrevivência da estirpe, também corroboram para a nodulação e FBN. Neste sentido, pode-se associar a presença de elevada densidade populacional de bactérias nativas adaptadas às condições edáficas locais e altamente competitivas no solo, constituindo uma barreira para a máxima eficiência da FBN.

Tabela 1. Análise de variância para as variáveis de estande final de plantas (EFP), número médio de vagens por planta (NVP), número médio de grãos por vagem (NGV), peso médio de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG) em cultivar de feijão preto.

| **Tratamento** | | **EFP (mil ha$^{-1}$)** | **NVP (nº planta$^{-1}$)** | **NGV (nº vagem$^{-1}$)** | **PMG (g)** | **RG (ton ha$^{-1}$)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sem Inoculante** | T1 | 219,75a* | 10,40a | 4,14a | 213,42ab | 2,40a |
| | T2 | 227,16a | 11,68a | 4,13a | 214,09b | 2,58a |
| | T3 | 264,20a | 14,75a | 4,27a | 222,28a | 3,23a |
| | Média | 237,04 | 12,28 | 4.18 | 216,60 | 2,74 |
| **Com Inoculante** | T4 | 249,38a | 12,49a | 4,09a | 238,50a | 2,82a |
| | T5 | 217,28a | 13,61a | 4,03a | 213,53ab | 2,38a |
| | T6 | 249,38a | 10,81a | 3,88a | 210,66ab | 2,52a |
| | Média | 238,68 | 12,30 | 4,00 | 220,90 | 2,58 |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Segundo Fonseca (2011) estudos e levantamentos da diversidade das populações de rizóbio presentes no solo são muito importantes e constituem uma etapa primordial na busca de inoculantes mais eficientes e competitivos. De acordo com Fonseca (2011), a estirpe SEMIA 4080, utilizada neste experimento, apresenta instabilidade na sua resposta a campo. É provável que a alta capacidade de competição contra estirpes nativas e a alta eficiência de FBN da estirpe, estejam interferindo no seu desempenho em condições de campo.

### 3.1 Estande final de plantas

A presença da inoculação e a aplicação de N na semeadura e em cobertura não tiveram efeito no estande final de plantas. Os maiores valores obtidos foram sem inoculação e com adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura (T3). No entanto, a média para os tratamentos inoculados superou os não inoculados. As 264,20 mil plantas finais por ha$^{-1}$ observadas no tratamento 3, quando se usou somente a adubação nitrogenada no momento da semeadura e em cobertura, mostra que o fertilizante nitrogenado foi importante para a manutenção significativa no número de plantas por área, refletindo no rendimento. Parizotto and Marchioro (2015), não obtiveram diferenças significativas no estande final de plantas de feijão, corroborando com os dados obtidos neste estudo.

### 3.2 Vagens por planta

O número de vagem por planta não foi afetado pelos tratamentos, com média geral de 12,30 vagens planta$^{-1}$. Observando a tabela 1, em relação à variável número de vagens por planta, verificamos que os maiores valores obtidos foram com inoculação, mesmo não apresentando significância.

Os resultados obtidos para número de vagens por planta concordam com os obtidos por Bellaver *et al.* (2009), que observaram número de vagens por planta na testemunha menor que os demais tratamentos, tanto quando usado

inoculante ou adubação nitrogenada. As 14,75 vagens$^{-1}$ planta produzidas no tratamento 3, quando se usou a adubação nitrogenada no momento da semeadura e em cobertura, mostra que o N foi importante para o aumento no número de vagens por área, refletindo no rendimento.

### 3.3 Grãos por vagem

Os resultados observados neste experimento (Tabela 1), mostram que o número médio de grãos por vagem não variou significativamente, porém, o tratamento 3 (adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura) apresentou o maior valor (4,27 grãos vagem-1), demonstrando que o N promoveu um pequeno aumento no número de grãos por vagem.

O valor médio para os tratamentos sem inoculação é maior que o valor médio para os tratamentos com inoculação. Segundo Gaertner (2003), o número de grãos por vagem pode ser descrito como um fator genético das variedades de feijão. O enchimento de vagens ocorre na fase conhecida como R8 quando acontece o crescimento das sementes, posteriormente a formação de vagens (R7), para a planta encher as vagens com os grãos, a energia dos nutrientes acumulada nos tecidos deve ter sido realizada nas fases vegetativas, para ser translocada dos tecidos para as vagens e enchimento de grãos, partindo das partes mais velhas para as partes mais novas, os chamados drenos fisiológicos.

### 3.4 Peso de mil grãos

Na análise do peso médio de mil grãos de feijão (Figura 2), foi detectada diferença significativa ($p < 0,05$) na comparação dos tratamentos em que, o tratamento 4, com inoculante e sem adubação de cobertura com nitrogênio, diferenciou significativamente dos demais tratamentos.

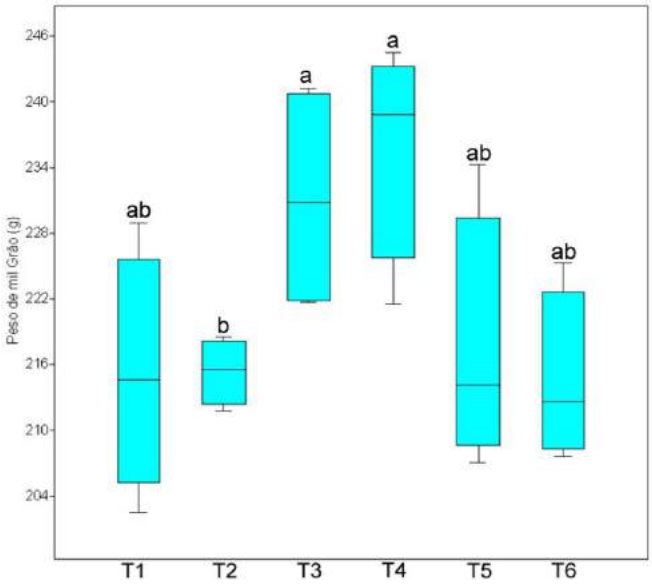



Figura 2. Peso de mil grãos (PMG) do feijoeiro cultivado em função da inoculação e aplicação de nitrogênio em semeadura e cobertura.

Este resultado demonstra que quando utilizado o tratamento de sementes com inoculação e aplicação de nitrogênio na base de semeadura, houve aumento significativo na massa de mil grãos, tanto em relação à testemunha quanto em relação aos demais tratamentos testados. As doses de N em cobertura não influenciaram o peso de mil grãos para este cultivo.

Romanini Junior *et al.* (2007) destacam em seu estudo que a adubação no sulco de semeadura combinada à inoculação influencia positivamente no aumento do peso dos grãos. Por sua vez, Bellaver *et al.* (2009) e Silva *et al.* (2009) não obtiveram diferenças significativas na massa de grãos, usando inoculante e nitrogênio em cobertura em relação a testemunha.

### 3.5 Produtividade

Pode-se observar que todos os tratamentos, exceto o tratamento 5, correspondentes à inoculação e, ou, aplicação de adubo nitrogenado apresentaram acréscimos de produtividade, em relação ao tratamento testemunha (sem inoculação e sem adubação nitrogenada).

A produtividade de grãos variou de 2.380 a 3.230 kg $ha^{-1}$, mas sem diferença entre os tratamentos. Embora os níveis de produtividade alcançados neste estudo sejam superiores à média do estado do Rio Grande do Sul (1.800 kg $ha^{-1}$) estes não podem ser atribuídos à estirpe SEMIA 4080 de *Rhizobium tropici* presente no inoculante, uma vez que a nodulação de plantas sem a inoculação caracterizou a existência no solo de bactérias nativas capazes de promover nodulação no feijoeiro comum. Desta forma, os resultados encontrados neste experimento evidenciam a necessidade de estudos para isolamento de estirpes locais mais competitivas e eficientes na FBN para a região.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O peso médio de mil grãos foi significativamente superior quando utilizada inoculação das sementes associada à adubação nitrogenada na semeadura. A utilização de inoculante *Rhizobium tropici* na cultura do feijoeiro pode ser uma alternativa de fonte nitrogenada para a cultura do feijoeiro, dispensando a adubação nitrogenada de cobertura.

## 5. REFERÊNCIAS

BELLAVER, A.; FAGUNDES, R.S. 2009. “Inoculação com Rhizobium tropici e uso do nitrogênio na base e por cobertura na cultura do feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L”. *Cultivando o Saber*, Cascavel, Vol.2, n.4, p.1-10, 2009.

DE BONA,F.D.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; SOUZA, R.O. de, SILVA, L.S.da; GATIBONI, L.C. 2016. “Diagnóstico da fertilidade do solo e recomendação da adubação: Grãos: Feijão”. In: *Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 11. ed. [S.l.]: Núcleo Regional Sul - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap. 6, p. 89-134, 2016.

FONSECA, G.G. 2011. “Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio em Minas Gerais”. *Lavras: UFLA*, p. 166, 2011.

FRANCO, M.C.; CASSINI, S.T.A.; OLIVEIRA, V.R.; VIEIRA, C.; TSAI, S.M. 2002. “Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Vol. 37, n.8, p. 1145-1150, 2002.

GAERTNER, P. 2003. “Interação entre *Rhizobium tropici* e épocas de adubação nitrogenada na cultura do feijão”. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia) UFPR, 2003.

MERCANTE, F.M.; OTSUBO, A.A. & LAMAS, F.M. 2006. “Inoculação de *Rhizobium tropici* e aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro”. In: *Reunião brasileira de fertilidade de solo e nutrição de plantas, 27; Reunião brasileira sobre micorrizas, 11.; Simpósio brasileiro de microbiologia do solo 9; Reunião brasileira de biologia do solo 6*, 2006, Bonito, MS. Fertbio 2006: A busca das raízes. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

OKSANEN, J. et al. Vegan: Community Ecology Packag. R package version 1.17-5. 2013. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 23 mai. 2018.

OLIVEIRA, J.P.; GALLI-TERASAWA, L.V.; ENKE, C.G.; CORDEIRO, V. K.; ARMSTRONG, L.C.T.; HUNGRIA, M. 2011. “Genetic diversity of rhizobia in Brazilian oxisol nodulating Mesoamerican and Andean genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)”. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Vol. 27, n. 3, p.643-650, 2011.

PARIZOTTO, D.L.; MARCHIORO, V.S. 2015. “Uso de inoculante *Rhizobium tropici* e nitrogênio em cobertura na cultura do feijão”. *Cultivando o saber*. Vol. 8, n. 1, p. 16-26, 2015.

R CORE TEAM. 2013. R: “A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing”, Vienna, Austria. Disponível em: <Andlt;http://www.R-project.org/Andgt>. Acesso em: 23 mai. 2018.

RUMJANEK, N.G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; NEVES, M.C.P. 2005. “Fixação biológica do nitrogênio”. In: *FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.) Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: Embrapa, p. 281-335, 2005.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF. O.; BINOTTI, F.F.S.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F.A. 2007. “Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto”. *Bioscience Journal*,23 (4): 74-82, 2007.

SILVA, E.F.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; MERCANTE, F.M.; RODRIGUES, E.T.; VITORINO, A.C.T. 2009. “Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associado à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio”. *Bragantia*, Campinas, Vol.68, n.2, p.443-451, 2009.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo apresentado neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRODUÇÃO DE MUDAS DE MELÃO EM DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS COMERCIAIS

**Josieli Fátima Vesoloski**
**Ariel Mateus Bandiera**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Campus II , RS 331, Erechim-RS | Brasil
josy_vesoloski@hotmail.com e arielbandiera@gmail.com

**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Campus II , RS 331, Erechim-RS | Brasil
p.sergio.r@uol.com.br

**Jardes Bragagnolo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Campus II , RS 331, Erechim-RS | Brasil
jardes@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A produção de mudas de alta qualidade é um dos pré-requisitos para o sucesso na produção. O objetivo neste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de melão gaúcho redondo cultivar Conesul em quatro diferentes tipos de substratos comerciais. O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Ciências Agrárias da URI Campus Erechim. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e sete repetições. Os tratamentos consistiram de quatro substratos comerciais (Multiplant, Tecnomax, Carolina soil e Germinar plant). A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido com 128 células. Foram avaliados o comprimento da parte aérea e das raízes, e o número de folhas. Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. O substrato Multiplant foi o que proporcionou o melhor comprimento da parte aérea das mudas do meloeiro gaúcho redondo cultivar Conesul.*

***Palavras-chave:*** *Qualidade da muda, Cucumis melo L, hortaliças.*

## 1. INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma hortaliça-fruto bem popular no Brasil e no mundo, consumido *in natura*, em saladas de frutas e sucos. O melão possui diversas propriedades em sua composição, segundo Leite (2016) o aumento do consumo desta hortaliça-fruto diminui o risco de obesidade, diabetes, doenças cardíacas, aumento da energia e redução do peso.

Comercializado como uma fruta, o melão na safra 2017 de acordo com Hortifruti/Cepea (2017) alcançou uma área plantada de 14.295 ha no Brasil, apresentando uma redução de 1,4 % da área plantada em relação ao ano de 2016.

O uso de bandejas de poliestireno expandido na produção de mudas vem se destacando por vários aspectos, como a economia de substrato e de área nas casas de vegetação, menor custo no controle de pragas e doenças, produção de mudas de alta qualidade e alto índice de pegamento após o transplante. (Oliveira et al., 1993). Segundo Borne (1999) o substrato usado na produção de mudas é uma mistura de um material inerte e composto orgânico, que tenha boa fertilidade, que permita que a planta se forme sadia, proporcionando uma boa drenagem e um bom arejamento para as raízes das plantas. Atualmente, no mercado encontram-se substratos formulados pelos mais variados tipos de materiais quanto à origem de seus componentes ou composição das misturas, sendo portanto necessário avaliar aquele que apresenta a melhor condição de cultivo para a produção de mudas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de melão gaúcho redondo cultivar Conesul produzidos em quatro tipos de substratos comerciais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI Campus II), durante o período de 16 de novembro a 13 de dezembro de 2017. Foram utilizadas sementes de melão gaúcho redondo cultivar Conesul, as quais foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido com 128 células. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso com quatro tratamentos e sete repetições de oito plantas cada, totalizando 56 mudas em cada tratamento (Figura 1). Os tratamentos foram constituídos pelos substratos Multiplant, Tecnomax, Carolina soil e Germinar plant.

As plântulas foram irrigadas manualmente de modo a atender as necessidades hídricas ao longo do período de cultivo.

Figura 1. Aspecto das mudas de melão cultivadas em diferentes tipos de substratos. URI Erechim, 2017.

Após 27 dias da semeadura, foram avaliados o comprimento da parte aérea e das raízes e o número de folhas por planta. O comprimento da parte aérea e radicular foram obtidos com régua milimétrica.

Os dados relativos ao número de folhas foram transformados em (x + 0,5) ½, enquanto a variável comprimento da parte aérea e das raízes não foram transformados. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, e as médias obtidas comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O fator substrato foi significativo para as variáveis comprimento de raízes e parte aérea, já para a variável número de folhas formadas por planta não houve diferença. Para a variável comprimento de raízes, pode-se observar na figura 2 que as maiores médias (7,3; 7,27 e 7,0 cm) foram obtidas nos substratos Tecnomax, Multiplant e Carolina Soil. Sendo o menor comprimento de raízes (5,6 cm) obtido nas plantas produzidas no substrato Germinar plant. Os resultados obtidos diferem daqueles observados por Trani et al. (2007), que trabalhando com diferentes substratos na produção de mudas de alface verificaram que o comprimento das raízes não foram influenciados pelo tipo de substrato usado. Essa diferença pode ser atribuída as espécies em estudo.

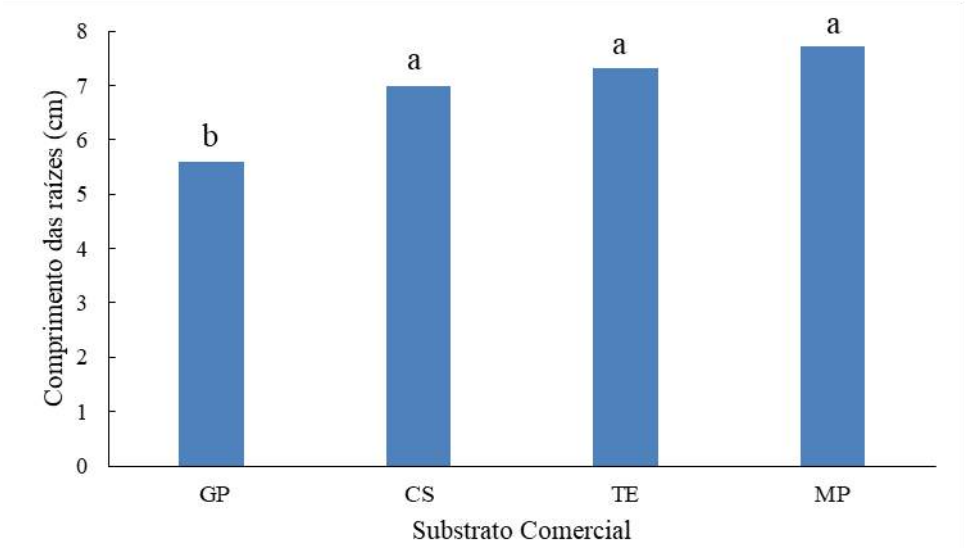



Figura 2. Comprimento das raízes do melão gaúcho redondo cultivar Conesul cultivados sob diferentes tipos de substratos comerciais.

Para a variável comprimento da parte aérea, pode-se observar na figura 3 que o substrato Multiplant apresentou a melhor média (18,72 cm). Por outro lado, não ocorreu diferença entre os demais substratos testados (Carolina soil, Tecnomax e Germinar plant). Araujo Neto et al. (2009) avaliando diferentes tipos de substratos na produção de mudas de pimentão observaram que houve diferença na altura da planta. Ainda de acordo com os mesmos autores o tipo de substrato a ser usado na produção de mudas é um dos itens complexo em decorrência da variação de sua constituição, pois não há normas que regulamente a composição dos mesmos no tocante a nível de fertilidade.

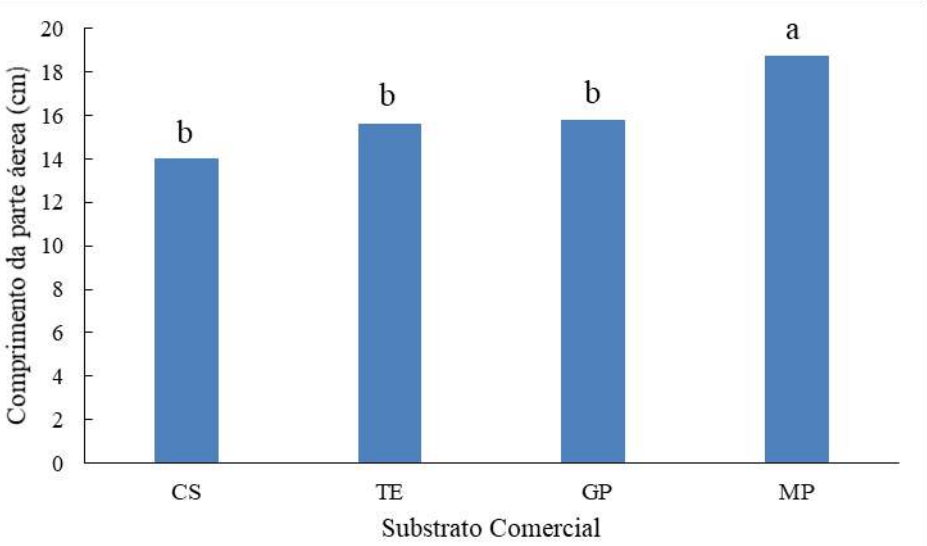



Figura 3. Comprimento da parte aérea das plantas de melão gaúcho redondo cultivar Conesul produzidas sob diferentes tipos de substratos comerciais.

## 4. CONCLUSÃO

Para as condições avaliadas, pode-se afirmar que o tipo de substrato usado na produção da muda exerce influência na qualidade da mesma. O substrato Multiplant foi o que proporcionou o melhor comprimento da parte aérea das mudas do meloeiro gaúcho redondo cultivar Conesul.

## 5. REFERÊNCIAS

BORNE, H. R. "Produção de mudas de hortaliças". Guaíba, 1999.

HORTIFRUTI/CEPEA., 2017 "Anuário Hortifruti Brasil - Retrospectiva 2017 & Perspectiva 2018". http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2017-2018.aspx. Acesso em 13 de agosto de 2018.

LEITE, P., 2016 "10 Benefícios do Melão – Para Que Serve e Propriedades". *Mundo boa forma*.. <http://www.mundoboaforma.com.br/10-beneficios-do-melao-para-que-serve-e-propriedades/>. Acesso em 13 de agosto de 2018.

NETO, S. E. A.; AZEVEDO, J. M. A.; GALVÃO, R. O.; OLIVEIRA, E. B. L.; FERREIRA, R. L. F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. *Ciência Rural*, v.39, p.1408-1413, 2009.

OLIVEIRA, I R.P.; SCIVITTAROI, W.B.; VASCONCELLOS, L.A.B.C. Avaliação de mudas de maracujazeiro em função do substrato e do tipo de bandeja. *Scientia Agrícola*, v.50, n.2, p.261-266, 1993.

TRANI, P.E.; FELTRIN, D.M.; POTT, C.A.; SCHWINGEL, M. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.256-256, 2007.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DE UMA COMPOSIÇÃO FORRAGEIRA MULTI-ESPÉCIES DE PRONTO USO

**Ketlin Lolatto**
**Alessandro Vinícius Colussi**
**Amito José Teixeira**
**Antônio Sergio do Amaral**
**Jardes Bragagnolo**
**Júlio Cesar Brancher**
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
**Raquel Paula Lorensi**

*Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim*
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil

*e-mails: ketlinlolatto@hotmail.com; alessandro_colussi@hotmail.com; amito@uricer.edu.br;asamaral@uriecer.edu.br; jardes@uricer.edu.br; juliobrancher@uricer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; raquelorensi@uricer.edu.br;*

***Resumo:*** *A qualidade do solo tem grandes efeitos na saúde e na produtividade de um ecossistema e nos ambientes a ele relacionados. É preciso investir em culturas de inverno que ofereçam maior volume de palha, para reduzir os riscos com estiagens no verão. Para o trabalho foi utilizado Raix 520 um policultivo de composição forrageira multi-espécies, de pronto uso, destinado a formação de cobertura vegetal. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural localizada em Benjamin Constant do Sul, no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A semeadura foi realizada em 8 de abril de 2018. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, com parcelas de 4m², sendo 2m largura e 2m de comprimento. No momento da semeadura foi realizada a aplicação do fertilizante químico NPK, da fórmula 5-20-20 na dose de 200 kg ha$^{-1}$ e 3000 kg ha$^{-1}$ de cama de aviário. Posteriormente fez-se a semeadura da mistura de sementes Raix 520 sendo utilizado centeio (Secale cereale), nabo forrageiro (Raphanus sativus L) e ervilhaca (Vicia craca) na densidade de 50 kg ha-1. Para MS os resultados obtidos foram também significativamente superior aos demais tratamentos que não diferiram significativamente entre si. Conclui-se então que a produção de matéria verde e seca foi maior no tratamento de Raix 520 que recebeu adubação química. A formação da composição forrageira multi-espécies, de pronto uso, destinado a formação de cobertura vegetal foi eficiente na produção de palha para o sistema plantio direto já que com adubação química produziu mais do que 6 t ha$^{-1}$.*

***Palavras chave:*** *cobertura verde, palhada, plantio direto.*

## 1. INTRODUÇÃO

A relação entre o manejo e qualidade do solo pode ser avaliada pelo comportamento de indicadores físicos, químicos e biológicos. A qualidade do solo tem grandes efeitos na saúde e na produtividade de um ecossistema e nos ambientes a ele relacionados.

Como o nome já diz, as plantas de cobertura têm a finalidade de cobrir o solo, protegendo-o contra processos degradantes como a erosão e a lixiviação de nutrientes, e também muitas são usadas para pastoreio, produção de grãos e sementes, silagem, feno e como fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto (KIEHL, 1979).

Entre boa parte dos produtores rurais, a prática de implantar plantas de cobertura não é tão disseminada, seja por desconhecimento de técnicos e produtores, insegurança quanto à eficácia e tratos culturais ou viabilidade econômica. Falta ao produtor um estímulo para adotar uma prática que vem provando resultados altamente positivos, onde o uso de plantas de cobertura vem sendo impulsionado pela expansão do sistema de plantio direto (SPD).

Ambrosano et al. (2005) destacam os benefícios ao solo que as plantas de cobertura vêm provando seus benefícios, como por exemplo o aumento na capacidade de infiltração de água no solo, evitando escorrimento superficial e promovendo aumento do reservatório de água no solo; proteção contra a erosão, evitando a desagregação do solo; diminuição da amplitude térmica no solo, favorecendo macro e microrganismos; promoção da reciclagem de nutrientes no perfil do solo, devido ao crescimento em profundidade das raízes, principalmente leguminosas; aumento do teor de matéria orgânica no solo, da CTC e da soma de bases; diminuição da competição de plantas daninhas, devido a efeitos de supressão e alelopatia. Ademais, promovem o controle de fitonematoides e a redução da pressão de pragas e doenças, devido à quebra do ciclo da cultura.

O policultivo é o cultivo de várias espécies vegetais em uma mesma área, de forma simultânea, de tal forma que venha a proporcionar melhorias na qualidade do solo, principalmente no que se refere à promoção de aumento nos teores de matéria orgânica, proporcionado pela maior cobertura do solo (CARNEIRO et al., 2009).

De acordo com Nascimento Junior (2018), é preciso investir em culturas de inverno que ofereçam maior volume de palha, para reduzir os riscos com estiagens no verão.

Para o trabalho foi utilizado Raix 520 um policultivo de composição forrageira multi-espécies, de pronto uso, destinado a formação de cobertura vegetal. A composição continha, nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) Nabo forrageiro é uma planta anual da família das crucíferas, de hábito de crescimento ereto, herbáceo, com intensa ramificação e altura variando entre 1,00 e 1,80m, tradicionalmente é utilizada como adubação verde, ao fornecimento de massa (palha) para o plantio direto, como cobertura do solo e reciclagem de nutrientes (ALCÂNTARA, 2000). Com menor frequência, destina-se à alimentação animal. Recentemente seu uso vem sendo ampliado, com destaque para os grãos que estão sendo considerados como excelente fonte de matéria-prima para produção de biocombustível. Possui, ainda, alta capacidade de reciclagem de nutrientes do solo, principalmente do fósforo e nitrogênio. Seu sistema radicular vigoroso pode ser classificado como excelente subsolador natural com sistema radicular pivotante e agressivo, capaz de romper camadas de solo extremamente adensadas e/ou compactadas a profundidades superiores a 2,50 m (CALEGARI et al., 1998). A Ervilhaca (*Vicia sativa*) uma leguminosa herbácea, de ciclo anual, hábito trepador, que possui raízes profundas e ramificadas. Proporciona uma boa cobertura e proteção do solo além de servir como adubo verde, também é forrageira de excelente qualidade para a alimentação animal (DA ROS & AITA, 1996). De clima frio é uma boa opção para o cultivo de Outono/Inverno, como adubação verde e como planta forrageira, devido ao seu hábito de crescimento, pode ser consorciada com uma gramínea produzindo maior quantidade de massa verde (DERPSCH et al., 1985). O Centeio (*Secale cereale L.*) uma espécie anual de inverno, cespitosa, de 1,2 a 1,8 metro de altura, o centeio desenvolve-se bem em diferentes tipos de solo e de clima, destaca-se pelo crescimento inicial vigoroso, pela rusticidade, resistência ao frio, à acidez nociva do solo, ao alumínio tóxico e a doenças, possuindo sistema radicular profundo e agressivo, capaz de

absorver nutrientes indisponíveis a outras espécies. É o mais eficiente dos cereais de inverno no aproveitamento de água, a resistência a doenças é uma característica do centeio (CAMARGO & FELICIO, 1984). Conforme Semattersementes (2018) RX 520 é uma composição forrageira multi-espécies, de pronto uso, destinado a formação de cobertura vegetal. É composto por gramíneas, crucíferas e leguminosas anuais de ciclo médio, dimensionado para preparar o solo para o cultivo de gramíneas, como milho, trigo, pastagens, arroz, tabaco (fumo) ou renovação de canaviais.

Os benefícios que a composição pode trazer é a fixação biológica de nitrogênio de até 200 kg/ha de N; compostos por espécies de três famílias diferentes em um só produto; elevado poder de reciclagem de Nitrogênio, Fósforo, Cálcio e Enxofre; e importante efeito físico no solo, como preparo biológico e descompactação.

## 2. MATERIAIS E METODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural localizada em Benjamin Constant do Sul, no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A semeadura foi realizada em 8 de abril de 2018.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, com parcelas de 4m², sendo 2m largura e 2m de comprimento. No momento da semeadura foi realizada a aplicação do fertilizante químico NPK, da fórmula 5-20-20 na dose de 200 kg $ha^{-1}$ e 3000 kg $ha^{-1}$ de cama de aviário. Posteriormente fez-se a semeadura da mistura de sementes Raix 520 sendo utilizado centeio (*Secale cereale*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus L*) e ervilhaca (*Vicia sativa*) na densidade de 50 kg $ha^{-1}$. Após a semeadura e a aplicação da adubação foi feito revolvimento do solo com grade armadora.

Os tratamentos avaliados foram: T1 – Testemunha (somente a semente); T2 – Adubo orgânico cama de aviário; T3 – NPK; tento quatro repetições de cada.

Após 120 dias, no dia 8 de agosto o ciclo foi finalizado, onde ocorreu o corte das plantas para analisar e obter o rendimento de matéria seca (MS). O corte foi efetuado na região central de cada parcela, usando-se um quadrado de 1 metro de lado para delimitar a área. O material separado de cada parcela foi pesado em balança analítica, sendo o peso registrado, as amostras, então, foram separadas conforme cada tratamento em seguida levadas a estufa de ar forçado, em 60 C° por 24 horas e 105 °C por duas horas, quando foram novamente pesadas para determinação da matéria seca.

Para efetuar a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores – ASSISTAT (SANTOS E SILVA, 2018).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realizados os procedimentos de obtenção das amostras de matéria seca, foram realizadas as análises estatísticas, tendo-se alcançado os seguintes resultados.

Tabela 1: Produção de matéria verde (MV) dos tratamentos submetidos a diferentes tipos de adubação.

| **Tratamento** | **Matéria seca (MS) Kg $ha^{-1}$** |
|---|---|
| T3 - 200kg $ha^{-1}$ Adubo Químico | 44750,00 a |
| T2 – 3000 kg $ha^{-1}$ de Cama de Aviário | 36833,00 b |
| T1 – Testemunha | 35800 b |
| **CV%** | **7,17%** |

As medidas seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A importância da adubação para o desenvolvimento da cultura é indispensável, pelo fato de aumentar a disponibilidade dos nutrientes do solo e consequentemente atender as principais exigências nutricionais da

planta. Com isso o desenvolvimento da cultura obtém boa produtividade que irá refletir no final do seu ciclo, mostrando uma boa cobertura de solo. Após a análise realizada, observou-se que a adubação química diferiu significativamente dos demais tratamentos no que concerne a produção de MV, tendo apresentado excelentes produções.

Para MS os resultados obtidos foram também significativamente superiores aos demais tratamentos que não diferiram significativamente entre si.

Tabela 2: Produção de matéria seca (MS) dos tratamentos submetidos a diferentes tipos de adubação.

| **Tratamento** | **Matéria seca (MS) Kg ha$^{-1}$** |
|---|---|
| T3 - 200kg ha$^{-1}$ Adubo Químico | 8910,06 a |
| T2 – 3000 kg ha$^{-1}$ de Cama de Aviário | 7748,71 b |
| T1 – Testemunha | 5898,14 b |
| **CV%** | **6,54%** |

As medidas seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A cobertura vegetal tornou-se fator de importância para a proteção do solo e à formação de palha, com redução significativa dos prejuízos e contribuição na melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos (BRAGAGNOLOEMIELNICZUK, 1990)

Segundo DAROLT (1998), a quantidade mínima de fitomassa requerida para um eficiente sistema de rotação está em torno de 6 t ha$^{-1}$ em sistema de plantio direto, valor constatado nos dois tratamentos com adubação avaliadas neste estudo, indicando que, com a escolha de uma estratégia de manejo, pode-se proteger o solo.

## 4. CONCLUSÕES

A produção de matéria verde e seca foi maior no tratamento de Raix 520 que recebeu adubação química.

A formação da composição forrageira multi-espécies, de pronto uso, destinado a formação de cobertura vegetal foi eficiente na produção de palha para o sistema plantio direto já que com adubação química produziu mais do que 6 t ha$^{-1}$.

## 5. REFERENCIAS

AMBROSANO, E. J.; GUIRALDO, N.; CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R.; MENDES, P. C. D.; ROSSI, F.; AMBROSANO, G. M. B.; AREVALO, R. A.; SCHAMMAS, E. A.; JUNIOR, I. A.; FOLTRAN, D. E. Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto. Piracicaba, KP Potafos. 2005. 16p.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.33, p.147-157, 2009

CALEGARI, A. Espécies para cobertura de solo. In: DAROLT, M.R. (Coord.). Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: Iapar, 1998. p.65-94. (Circular, 101).

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI). Produção vegetal. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/nabo-adubo-verde-forragem-e-bioenergia>. Acesso em: 02 abr. 2018.

EMBRAPA. Importancia da cobertura de solo no inverno. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/22159744/importancia-da-cobertura-de-solo-no-inverno>. Acesso em: 02 abr. 2018.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. & HEINZMANN, F.X. Manejo dosolo com coberturas verdes de inverno. Pesq. Agropec. Bras.,20:761-773, 1985.

Integração lavoura-pecuária-floresta : o produtor pergunta, a Embrapa responde / Luiz Adriano Maia Cordeiro ... [et al.,], editores técnicos. Brasília, DF : Embrapa, 2015. 393 p. : il. ; 16 cm x 22 cm. - (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

KIEHL, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: CERES, 1979. 262 p

K. D. S. S. et al. POLICULTIVO E SUA INFLUÊNCIA EM ALGUNS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO. Enciclopédia Biosfera, Goiania GO, v. 10, n. 19, p. 1492, dez. 2014.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, 1991. 336p.

OLIVEIRA, L. E. de. Plantas de cobertura: Características, benefícios e utilização. Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 62p. Monografia.

SEMEATA. Leguminosas. Disponível em: <http://www.semeata.com.br/?sessao=produto&folder=2&ver&id=31>. Acesso em: 03 jun. 2018.

CAMARGO, C.E. de O.; FELICIO, J.C. Tolerância de cultivares de trigo, triticale e centeio em diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva. Bragantia, v.43, n.1, p.9-16, 1984.

EMBRAPA, Importância da cobertura de solo no inverno. Disponível em> https://www.embrapa.br/en/trigo/busca-de-noticias/-/noticia/22159744/importancia-da-cobertura-de-solo-no-inverno. Acesso em 15 de setembro de 2018.

ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; DE PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, p.277-288, 2000.

DA ROS, C.O. & AITA, C. Efeito de espécies de inverno nacobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milhoem plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 20:135-140, 1996.

RX 520. SEMMATER Disponível em: http://semattersementes.com.br/products/1-rx-520. Acesso em 15 de setembro de 2018.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# USO DE FERTILIZANTE FOLIAR NA PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA

**Lucas Adona**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
E-mail: lucasadona@hotmail.com

**Vinícius Gustavo Lira Borsa**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
E-mail: vinilira196@gmail.com

**Tiago Sychocki**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
E-mail: tiagosychocki04@outlook.com

**Vinícius Mateus Sehaber**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
E-mail: viniciusmsehaber96@gmail.com

**Maicon Augusto Lussani**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
E-mail: p.sergio.r@uol.com.br

**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
E-mail: p.sergio.r@uol.com.br

***Resumo***. *A alface é uma das hortaliças folhosas mais consumida no Brasil. De modo geral, o consumo de hortaliças, atualmente, vem sendo aumentado em função da mudança nos hábitos alimentares dos consumidores. O objetivo no presente trabalho foi avaliar o número de aplicações do fertilizante foliar Beifort® na cultura da alface. O experimento foi conduzido na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus II de Erechim-RS, em um Latossolo Vermelho Alumino férrico húmico. As mudas de alfaces americana cultivar Grandes lagos com quatro folhas definitivas foram transplantas para canteiros previamente preparados. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (0;1;2 e 4 aplicações de fertilizante foliar) e quadro repetições. Após 42 dias de cultivos, foram avaliadas a massa fresca da parte aérea e a altura de plantas. Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade erro. Para as condições testadas, a aplicação de fertilizante foliar não contribuiu para a altura da planta e ganho de massa fresca da parte aérea das plantas de alface.*

***Palavras-chave:*** *Fertilizante, adubação, Lactuca sativa L.*

## 1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma espécies originária da Europa e da Ásia Ocidental, sendo uma planta de caule pequeno no qual se prendem as folhas lisas ou crespas, podendo ou não formar cabeça, apresentando vários tons desde verde até tons arroxeados. A raiz é superficial explora apenas os primeiros 25 cm do solo. É considerada uma planta

anual, cresce sob dias longos e altas temperaturas, vegetando preferencialmente em condições de dia curto temperaturas amenas (Filgueira, 2003).

A alface é uma das hortaliças folhosas mais consumida no Brasil. De modo geral, o consumo de hortaliças, atualmente, vem sendo aumentado em função da mudança nos hábitos alimentares dos consumidores, os quais se tornaram mais exigentes quanto a qualidade do produto a ser consumido, havendo portanto não só a necessidade de aumentar a sua produção e também qualidade (Rocha et al., 2014).

Entre as tecnologias que podem contribuir na melhoria da qualidade dos produtos vegetais, ao mesmo tempo diminuindo os custos de produção, podemos citar a fertirrigação e a fertilização foliar. Ambas têm a função de complementar e corrigir possíveis falhas da fertilização via solo, além de estimular fisiologicamente determinadas fases da cultura (Sala & Costa, 2005). Deste modo, a adubação foliar permite complementar de maneira equilibrada a fertilização do solo, ou mesmo, para situações de estresses quando se pretende uma resposta rápida da cultura, em caso de carência de nutrientes (Filgueira, 2003).

Diante deste contexto, que busca otimizar o sistema de produção e a redução de custos em um mercado de produção de hortaliças folhosas cada vez mais competitivo. Sendo a adubação foliar é um dos meios mais eficientes para solucionar deficiências nutricionais específicas que podem comprometer o pleno crescimento da planta.

Diante do exposto, o foi o objetivo no trabalho foi o de avaliar a influência no número de aplicações do fertilizante organomineral sobre a produção de alface americana.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Ciências Agrarias da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus II de Erechim, a cerca de 700 m acima do nível do mar. O solo local é classificado como Latossolo Vermelho aluminioférrico húmico. O experimento foi realizado no período de 26 de abril de 2018 a 7 de junho de 2018. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (0;1;2 e 4 aplicações de fertilizante foliar) e quatro repetições. As mudas de alface americana cultivar Grandes lagos contendo quatro folhas definitivas foram transplantas para canteiros previamente preparados e adubados, os quais foram mantidos a céu aberto quando. O espaçamento utilizado para o transplante foi de 30 cm entre linhas e 30 cm entre plantas, cada parcela experimental foi constituída por três linhas de plantas sendo 12 plantas em seu total. As plantas foram irrigadas diáriamente por gotejamento de modo a atender as necessidades hídricas.

Os tratamentos foram constituídos pelo tratamento controle o qual não recebeu aplicação de fertilizante organomineral. No tratamento T2 realizou-se uma aplicação após 7 dias do transplante das mudas; Para o tratamento 3 (T3) foram realizadas duas aplicações aos 7 e 21 dias após transplante e o tratamento 4 (T4) as aplicações foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após transplante das mudas. As aplicações foliares foram realizadas com um pulverizador manual com capacidade de 5 litros. O fertilizante foliar utilizado foi o Beifort® com formulação de 8% de nitrogênio solúvel em água, 6% de pentóxico de fósforo solúvel em água, 7% de óxido de potássio solúvel em água e 7% de carbono orgânico total. Em todas as aplicações foi adotado a dosagem conforme a bula do produto (4 mL do produto comercial por litro de água).

Após 42 dias de cultivos, foram avaliadas a massa fresca da parte aérea e a altura de plantas. Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

Na tabela 1, pode-se observar que a altura da planta de alface variou entre 19,09 a 22,65 cm. De modo geral, ainda na mesma tabela pode-se notar que não houve diferença no comprimento das plantas entre o tratamento controle e as plantas que receberem 2 e 4 aplicações de fertilizantes foliar, exceto aquelas que receberam uma aplicação (19,09 cm). Além disso, não houve diferença entre as plantas de receberam diferentes números de aplicações ao longo do período de cultivo. Luz et al. (2010), avaliando o efeito da aplicação de fertilizante foliar Lombrico® na produção de mudas de alface, observaram que não houve incremento na altura da planta que receberam a aplicação.

Tabela 1. Altura das plantas de alface americana cultivar Grandes lagos, após 42 dias de cultivo e diferentes números de aplicações de fertilizante foliar organomineral.

| Tratamento | Altura (cm) |
|---|---|
| T1- (Controle) | 22,65 a |
| T2 - 01 aplicações | 19,09 b |
| T3 - 02 aplicações | 19,98 ab |
| T4- 04 aplicações | 20,94 ab |

*Médias seguidas por letra distintas, na mesma coluna, diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Em relação a variável massa fresca da parte aérea, pode-se verificar que as plantas provenientes do tratamento controle (247,66 g) não diferiram daquelas que receberam 2 (243,63 g) e 4(224,45 g), exceto aquelas que receberam uma aplicação de fertilizante foliar (199,02 g) (Tabela 2 e Figura 1). Pode-se inferir portanto, que o uso do fertilizante foliar na cultura da alface, quando aplicado após o transplante da muda poderá não contribuir efetivamente para crescimento da planta assim como para o incremento de massa fresca da parte aérea. Contudo, essa resposta pode está diretamente ligada ao nível de fertilidade do solo.

Tabela 2. Massa fresca da parte aérea de alface americana cultivar Grandes lagos, após 42 dias de cultivo e diferentes números de aplicações de fertilizante foliar organomineral.

| **Número de aplicações** | **Massa fresca da parte aérea** |
|---|---|
| T1- (Controle) | 247.66 a |
| T2 - 01 aplicações | 199.02 b |
| T3 - 02 aplicações | 243.63 a |
| T4- 04 aplicações | 224.65 ab |

*Médias seguidas por letra distintas, na mesma coluna, diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Figura 1. Aspecto visual das plantas de alface americana cultivar Grandes lagos, após 42 dias de cultivo e diferentes números de aplicações de fertilizante foliar organomineral [(0; 1; 2; 4 aplicações) esquerda/direita].

## 4. CONCLUSÃO

Para as condições testadas neste trabalho pode-se concluir que a aplicação de fertilizante foliar não contribuiu para a altura da planta e ganho de massa fresca da parte aérea das plantas de alface americana.

## 5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela a apresentação deste artigo.

## 6. REFERÊNCIAS

FILGUEIRA, F.A.R. 2003. Novo manual de agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 412 p.

LUZ, J.M.Q.; OLIVEIRA, G.; QUEIROZ, A. A.; CARREON, R. Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.373-377, 2010.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. 'PiraRoxa': cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. **Horticultura Brasileira,** v.23, p.158-159, 2005.

ROCHA P.S.G.; BORSATO, R.J.; TONIETO, I.C.; SANTOS, A.C.; GOMES, G.B. 2014. Produção de alface hidropônica sob diferentes intensidades luminosas com LEDs. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 53. **Anais**... Palmas: ABH.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROGRAMAS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA NA SOJA

**Michele Fochesatto**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
michele_fochesatto@hotmail.com

**Alessandra Galina**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
alessandragallina@hotmail.com

**Aline Neto**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
alinetto1@hotmail.com

**Deivid Sacon**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
deividsacon@hotmail.com

**Paola Mendes Milanesi**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
paola.milanesi@uffs.edu.br

***Resumo.*** *Objetivou-se avaliar a eficiência de programas de aplicação de fungicidas, com diferentes ingredientes ativos, no controle de ferrugem asiática em soja. O experimento foi conduzido com a cv. DM 5958 IPRO, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo 10 programas + 1 testemunha (ausência de aplicação). Foram feitas aplicações nos estádios fenológicos V6; R1; R5.1 e R6 e as avaliações de severidade da ferrugem asiática foram realizadas após a ocorrência dos primeiros sintomas da doença. Com isso, pode-se estimar a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). No momento da colheita, também foram quantificados os componentes de rendimento: número de grãos por planta, peso de mil grãos ($g^{-1}$) e produtividade (kg $ha^{-1}$). Os programas apresentados em T2 (91,2%) T10 (91,0%) e T11 (90,0%) são promissores no controle da ferrugem asiática. As aplicações dos fungicidas não resultaram em diferença no número de grãos por planta, porém, o inverso foi observado para o peso de mil grãos, nas quais houve acréscimo quando foram aplicados os fungicidas.*

***Palavras chave:*** *Glycine max (L.) Merril, severidade, AACPD, rendimento.*

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merril), originária da Ásia, teve seu cultivo expandido por várias regiões do mundo devido as suas características nutritivas, industriais e de cultivo. No Brasil, a área produzida com a soja teve um incremento de 14,5 milhões de hectares nas últimas 12 safras, correspondendo, atualmente, a 57% da área total de grãos produzidos no país (Conab, 2018).

O Brasil é o segundo maior produtor do cereal, com uma produção de 114,075 milhões de toneladas na safra 2016/17, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (117,21) milhões de toneladas. A alta produção pelo Brasil está associada às condições climáticas favoráveis em todo o país no decorrer do ciclo da cultura. Na safra 2017/18 a produção do Brasil foi de 119,281 milhões de toneladas (Conab, 2018).

Entretanto, essa cultura é acometida por um numerosas doenças, e isso tem aumentado a cada ano. Entre fungos, nematoides, bactérias e vírus, há uma quantidade de, aproximadamente, 40 fitopatologias que causam danos à soja. Isso se dá também pelo constante aumento da área plantada, já que a soja se adapta bem a diferentes tipos de relevo, clima e latitude (Embrapa, 2011).

As perdas causadas por essas doenças dependem, em sua maioria, das condições ambientais vigentes em cada safra. Em média, estima-se que estas fiquem em torno de 15 a 20%, mas podem variar conforme a doença, visto que algumas são capazes de provocar perdas de até 100% da lavoura. Dentre as fitopatologias mais agressivas que incidem

sobre essa cultura, destaca-se ferrugem asiática da soja (FAS) (Juhász, 2013). A intensidade e a presença da doença na soja depende do clima, sendo, por isso, bastante imprevisível. O monitoramento constante da doença pelos agricultores torna-se necessário, sendo relevante o conhecimento para identificação e capacitação para a tomada de decisões para o melhor controle da doença (Borges, 2007).

A FAS, tem como agente etiológico o fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Após a infecção e colonização dos tecidos da planta, o patógeno se reproduz e eleva a doença a níveis epidêmicos, o que causa a desfolha precoce, diminuindo a área fotossinteticamente ativa e, consequentemente, acarreta em danos na formação e no enchimento dos grãos. No Brasil, esta fitopatologia foi primeiramente identificada no ano de 2001, no oeste e no norte do Paraná, mas devido ao seu alto potencial de disseminação, logo se espalhou por todas as regiões produtoras do cereal no país (Nunes, 2016).

O patógeno pode infectar a planta em qualquer estádio do desenvolvimento, desde os cotilédones, hastes ou folhas. Inicialmente, apresenta pequenas pontuações na parte abaxial da folha com coloração escura. Estes desenvolvem-se e formam lesões que contém inúmeros soros urediniais (ou urédias), apresentando uma coloração castanha. Estes se abrem e liberam os urediniósporos (ou uredósporos), que são os esporos de propagação do fungo (Medice, 2007). Os uredósporos concentram-se ao redor dos poros ou são levados pelo vento, por longas distâncias. O tecido da folha ao redor das urédias contrai uma coloração castanho-avermelhada, ocasionando lesões visíveis em todas as faces da folha. Com a evolução do quadro sintomatológico, as folhas infectadas pelo patógeno amarelam, secam e caem precocemente. Em situações nas quais a epidemia foi severa, as lavouras parecem ter sido dessecadas com herbicida. O patógeno também causa abortamento de flores, vagens e, consequentemente, deficiência na formação dos grãos (Silva, 2015), o que impacta diretamente sobre a produtividade da soja.

O manejo adequado pode diminuir os riscos, como o plantio de cultivares precoces e na época determinada para a implantação da soja. O vazio sanitário é uma importante medida de manejo, e já é adotada em alguns Estados da Federação, tendo como objetivo o controle do inóculo da doença na entresafra da soja. Entretanto, o emprego dessa medida ainda não é uma realidade no Rio Grande do Sul e, dessa forma, o controle químico com fungicidas tem sido a medida mais utilizada, muito embora, ao longo dos anos, tenha-se percebido que moléculas como os triazóis e estrobilurinas tenham reduzido a eficiência no controle da FAS. Por isso, é indicado que logo após a expressão dos primeiros sintomas, seja feita a aplicação simultânea das duas diferentes moléculas fungicidas (Embrapa, 2010).

A aplicação de fungicidas com distintos modos de ação, além de melhorar a eficiência no controle da FAS, auxilia na preservação e prolongação da vida útil dos fungicidas. Ademais, a utilização de fungicidas que possuem o mesmo modo de ação pode auxiliar na geração de resistência pelos patógenos (Nascimento *et al.*, 2017).

Pelo exposto, com esse trabalho objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes programas de aplicação de fungicidas sobre o controle da ferrugem asiática em soja, bem como os efeitos desses tratamentos sobre os componentes de rendimento e na produtividade da cultura.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental e no Laboratório de Fitopatologia, ambos localizados na Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim, na safra 2017/18, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (*Oxisol*), unidade de mapeamento Erechim (Embrapa, 2013). A análise de solo (profundidade 0,00-0,10 m) indicou a seguinte caracterização química: pH: 5,4; matéria orgânica (MO): 3,6% (teor médio); P: 5,7 mg $dm^{-3}$; K: 89 cmolc $dm^{-3}$; Al: 0,2 cmolc $dm^{-3}$; Ca: 5,6 cmolc $dm^{-3}$; Mg: 2,8 cmolc $dm^{-3}$; e CTC: 14,2 cmolc $dm^{-3}$. O clima do local é classificado como Cfa (clima temperado úmido com verão quente) conforme classificação de Köppen, apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Cemetrs, 2012).

A semeadura foi realizada no dia 23/12/17 com semeadora de precisão contendo 6 linhas por parcela, espaçamento de 0,5 m entrelinhas e uma densidade de 14 sementes por metro linear, a fim de se obter a população final de 240 mil plantas $ha^{-1}$. A cv. utilizada foi a DM 5958 IPRO (ciclo de maturação 5.8). A adubação foi feita com fertilizante mineral NPK, fórmula 02-20-20, na proporção de 350 kg $ha^{-1}$. A precipitação pluvial (mm) e a temperatura média (°C) durante o ciclo da soja, nas safras em que o experimento foi conduzido, encontram-se na Fig. 1.

Os tratamentos avaliados (Tab. 1) consistiram em 11 diferentes programas de aplicação de fungicidas + testemunha (ausência de aplicação). O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais (parcelas). Cada parcela teve dimensões de 3 m de largura por 5 m de comprimento, totalizando 15 m². Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas quatro aplicações de fungicidas, sendo estas em: V6; R1; R5.1 e R6 (Farias et al, 2007). As aplicações foram realizadas com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado a $CO_2$, equipado com uma barra de 2 m de comprimento e ponta cônica TXA 8002VK, com um espaçamento de 0,5 m entre pontas regulado para uma vazão de 150 L $ha^{-1}$.

Tabela 1. Tratamentos (Trat.) para o controle de ferrugem asiática da soja, cv. DM 5958 IPRO, na safra 2017/18, considerando os programas de aplicação de fungicidas, a concentração de ingrediente ativo (i.a., g ha$^{-1}$), o número e o estádio fenológico, correspondente a cada aplicação.

| Trat. | Programas de aplicação | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1ª (V6)** | **g ia. ha$^{-1}$** | **2ª (R1)** | **g ia. ha$^{-1}$** | **3ª (R5.1)** | **g ia. ha$^{-1}$** | **4ª (R6)** | **g ia. ha$^{-1}$** |
| T0 | Testemunha - ausência de aplicação de fungicidas | | | | | | | |
| T1 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 | picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe | 66, 5 + 83,2 + 1200 | picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe | 66, 5 + 83,2 + 1200 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 |
| T2 | tebuconazol + picoxistrobina | 60 + 100 | picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe | 66, 5 + 83,25 + 1200 | picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe | 66, 5 + 83,2 + 1200 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 |
| T3 | azoxistrobina + benzovindiflupyr | 60 + 30 | azoxistrobina + benzovindiflupyr | 60 + 30 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 | azoxistrobina + ciproconazol + difenoconazol | 60 + 70 + 75 |
| T4 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 | azoxistrobina + benzovindiflupyr | 60 + 30 | azoxistrobina + benzovindiflupyr | 60 + 30 | azoxistrobina + ciproconazol + difenoconazol | 60 + 70 + 75 |
| T5 | azoxistrobina + ciproconazol + difenoconazol | 60 + 70 + 75 | azoxistrobina + benzovindiflupyr | 60 + 30 | azoxistrobina + benzovindiflupyr | 60 + 30 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 |
| T6 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 | picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe | 66, 5 + 83,2 + 1200 | picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe | 66, 5 + 83,2 + 1200 | protioconazol + trifloxistrobina + mancozebe | 60 + 70 + 1500 |
| T7 | tebuconazol + picoxistrobina | 60 + 100 | picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe | 66, 5 + 83,25 + 1200 | picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe | 66, 5 + 83,2 + 1200 | protioconazol + trifloxistrobina + mancozebe | 60 + 70 + 1500 |
| T8 | azoxistrobina + benzovindiflupyr | 60 + 30 | azoxistrobina + benzovindiflupyr + mancozebe | 60 + 30 + 1500 | protioconazol + trifloxistrobina + mancozebe | 60 + 70 + 1500 | azoxistrobina + ciproconazol + difenoconazol | 60 + 70 + 75 |
| T9 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 | azoxistrobina + benzovindiflupyr + mancozebe | 60 + 30 + 1500 | azoxistrobina + benzovindiflupyr + mancozebe | 60 + 30 + 1500 | azoxistrobina + ciproconazol + difenoconazol | 60 + 70 + 75 |
| T10 | azoxistrobina + ciproconazol + difenoconazol | 60 + 70 + 75 | azoxistrobina + benzovindiflupyr + mancozebe | 60 + 30 + 1500 | azoxistrobina + benzovindiflupyr + mancozebe | 60 + 30 + 1500 | protioconazol + trifloxistrobina | 60 + 70 |
| T11 | bixafen + protioconazol + trifloxistrobina | 62,2 + 87 + 75 | bixafen + protioconazol + trifloxistrobina | 62,2 + 87 + 75 | trifloxistrobina + ciproconazol + mancozebe | 75 + 32 + 1500 | trifloxistrobina + ciproconazol + mancozebe | 75 + 32 + 1500 |

As avaliações do progresso da doença iniciaram após a identificação dos primeiros sintomas da ferrugem asiática da soja. Para determinar a severidade da FAS, foram avaliados 10 trifólios por parcela, com intervalos de 7 dias. Os trifólios foram comparados com a escala diagramática proposta por Canteri et al. (2006) e, com base nessas

informações, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme equação proposta por Campbell e Madden (1990). Para determinação do percentual de controle utilizou-se o tratamento com maior AACPD (ausência de aplicação), cujo controle da FAS foi 0%.

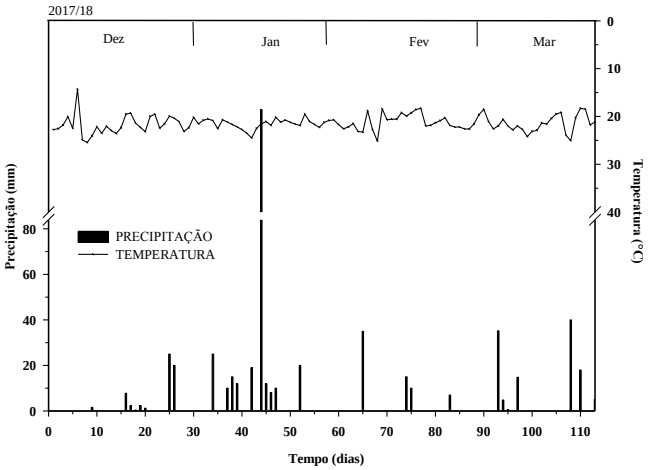



Figura 1. Temperatura (°C) e precipitação pluviométrica (mm) entre novembro e março na safra 2017/18, durante o período de cultivo da soja, cv. DM 5958 IPRO, em Erechim/RS. Fonte: INMET.

Também realizou-se a determinação dos componentes de rendimento: número de grãos pro planta (NGP) e peso de mil grãos (PMG, $g^{-1}$) e produtividade (kg $ha^{-1}$). Para a quantificação do NGP foram coletadas, aleatoriamente, 5 plantas por parcela. Posteriormente, realizou-se a trilha das parcelas, com o auxílio de uma trilhadora estacionária, considerando-se uma área útil correspondente a 4,0 m² no centro de cada parcela. Após a colheita, pode-se estimar o PMG e a produtividade para cada tratamento. Uma amostra de grãos de cada parcela foi utilizada para a determinação de umidade, pelo método da estufa a 105 °C (Brasil, 2009) e, a partir disso, a umidade de cada amostra foi corrigida para 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$) e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas por meio do *software* estatístico R (Core Team, 2017).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao progresso da ferrugem asiática, estimado pela AACPD, os maiores valores foram observados na testemunha (T0; 567,2 unidades), seguido dos tratamentos T4 (110,3 unidades) e T8 (99,0 unidades). Os demais tratamentos apresentaram AACPD inferior a 80,3 unidades (Tab. 2). Com relação ao controle da doença, os tratamentos que alcançaram melhores percentuais de controle foram: T2 (91,2%), T10 (91%) e T11 (90%). Os demais apresentaram resultados intermediários, não diferindo dos melhores, com exceção de T4, cujo controle foi igual a 78% (Tab. 2).

Todos os programas de aplicação apresentaram controle superior, quando comparados ao nível de controle apresentado pelos produtos isolados no ensaio sumarizado da Embrapa na safra 2017/18. Desta forma, pode-se afirmar que a associação e rotação de i.as. durante a elaboração de um programa de aplicação, eleva o potencial de controle dos fungicidas, principalmente devido à complexidade da população de *Phakopsora pachyrhizi*, que pode apresentar em sua constituição, indivíduos resistentes ou menos sensíveis a determinados fungicidas. Como exemplo, da importância de rotacionar i.as. pode-se mencionar a perda de eficiência do tebuconazol que foi sendo gradualmente reduzida e passou de 90% para 24%, em dez safras (Godoy *et al.*, 2013).

Nesse sentido, a rotação de i.as. permite uma maior amplitude de ação e, consequentemente, melhora a eficiência do controle químico da doença (Godoy *et al.*, 2018). No caso, os fungicidas classificados como DMIs (triazóis) e QoIs (estrobilurinas) são tidos como de alto risco para o desenvolvimento de resistência em diversos patógenos e, por esse motivo, o uso isolado desses i.as. não é recomendado (Frac, 2012). Com a constante perda de eficiência dos ingredientes ativos fungicidas, a utilização 3 ou mais i.as. na composição de um programa de aplicação é essencial a fim de evitar a seleção de indivíduos resistentes (Duhatschek *et al.*, 2018).

Com relação à produtividade, pode-se destacar os tratamentos: T11 (3469,0 kg $ha^{-1}$); T9 (3373,2 kg $ha^{-1}$); T6 (3353,0 kg $ha^{-1}$); T2 (3340,5 kg $ha^{-1}$); e T8 (3322,8 kg $ha^{-1}$). Os demais apresentaram resultados intermediários de produtividade, sendo que na ausência de aplicação (T0) houve a menor produtividade (2584,2 $ha^{-1}$). Para a variável PMG ($g^{-1}$), os tratamentos que continham aplicações de fungicidas diferiram estatisticamente da testemunha (T0; 152,9 $g^{-1}$). Contudo, para o NGP não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tab. 2).

Tabela 2. Produtividade (kg ha$^{-1}$), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e controle de ferrugem asiática da soja, cv. DM 5958 IPRO, em função de diferentes programas de aplicação fungicida na safra 2017/18, em Erechim – RS.

| **Tratamentos** | **Produtividade (kg ha$^{-1}$)** | **PMG (g$^{-1}$)** | **NGP** | **AACPD** | **Controle (%)** |
|---|---|---|---|---|---|
| T0 | 2584,2 b* | 152,9 b | 106,6$^{ns}$ | 567,2 a | 0 c |
| T1 | 3162,7 ab | 179,1 a | 107,8 | 80,3 bc | 85,8 ab |
| T2 | 3340,5 a | 181,0 a | 106,1 | 47, 2 c | 91,2 a |
| T3 | 3253,7 ab | 179,2 a | 92,9 | 75,5 bc | 86,6 ab |
| T4 | 3217,5 ab | 182,6 a | 90,8 | 110,3 b | 78,0 b |
| T5 | 3243,7 ab | 180,7 a | 96,6 | 85,7 bc | 84,8 ab |
| T6 | 3353,0 a | 177,2 a | 115,7 | 79,6 bc | 85,9 ab |
| T7 | 3233,5 ab | 172,3 a | 96,7 | 72,7 bc | 87,6 ab |
| T8 | 3322,8 a | 173,3 a | 102,5 | 99,0 b | 85,0 ab |
| T9 | 3373,2 a | 180,0 a | 93,4 | 74,7 bc | 86,5 ab |
| T10 | 3126,9 ab | 186,3 a | 115,6 | 51,2 c | 91,0 a |
| T11 | 3469,0 a | 182,2 a | 93,6 | 54,9 c | 90,0 a |
| CV. % | 8,5 | 3,4 | 20,0 | 14,4 | 6,6 |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). $^{ns}$ Não significativo.

## 4. CONCLUSÃO

Para a cv. DM 5958 IPRO, nas condições de condução desse trabalho, pode-se concluir que:

- Um eficiente controle da ferrugem asiática da soja, pode ser obtido com os programas de aplicação descritos em T2 (91,2%) T10 (91,0%) e T11 (90,0%).

- Os programas de aplicação de fungicidas avaliados não tem efeito sobre a produtividade (kg ha$^{-1}$) da soja, mas impactam sobre o PMG (g$^{-1}$).

- A utilização de quatro aplicações com diferentes ingredientes ativos deve ser adotada, pois amplia a eficiência no controle da ferrugem asiática e contribui para a reduzir problemas com resistência do patógeno aos fungicidas.

## 5. REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. "*Regras para Análise de Sementes*". Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, p. 395.

Campbell, C.L. and Madden, L.V., 1990. "*Introduction to plant disease epidemiology*". John Wiley & Sons, New York. 1ª edição.

Canteri, M.G., Koga, L.J. e Godoy, C.V., 2006. "Escala diagramática para estimar desfolha provocada por doenças em soja". In: *4º Congresso Brasileiro de Soja*. Londrina, Brasil.

Centro Estadual de Meteorologia - CEMETRS. 2012. "*Atlas climático do Rio Grande do Sul"*. 2012. Disponível em: <http://www.r3pb.com.br/AtlasCemetRS/#/> Acesso em: 28 ago. 2018.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2018. "*Acompanhamento da safra brasileira de grãos (Monitoramento agrícola) - Safra 2017/18*", Décimo Primeiro Levantamento". 26 Jun. 2018 <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos >.

Dall'Agnol, A., 2016. "*A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições*". Embrapa, Brasília.

Duhatschek, E., Santos, L.A. e Faria, C.M.D.R., 2018. "Sensibilidade de isolados de *Phakopsora pachyrhizi* provenientes da região do centro oeste do Paraná a fungicidas". *Summa Phytopathologica*, Vol. 44, n. 2, p. 193.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2013. "*Sistema brasileiro de classificação de solos*". Brasília: Embrapa, 353 p.

Farias, J.R.B., Nepomuceno, A.L., Neumaier, N., 2007. "*Ecofisiologia da soja*". Circular técnica, Londrina. 48ª edição.

Fungicide resistance action committee - FRAC, 2012. *Global Crop Protection Organization. Brussels*. 10 Set. 2018 <www.gcpt.org/frac>.

GODOY, C. V. et al., 2013. "*Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2012/13: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.*". Embrapa Soja, Londrina, Vol. 99, p. 7.

Godoy, C.V. et al., 2018. "*Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2017/18*: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos". Embrapa Soja, Londrina, Vol. 138, p. 8.

Juhász, A.C.P. et al., 2013. "Desafios fitossanitários para a produção de soja". *Informe Agropecuário*, Vol. 34, n.276, p.66.

Nascimento, M.N. et al., 2018. "Manejo da ferrugem asiática da soja com aplicações de fungicidas iniciadas na detecção do patógeno ou posteriores". *Agrarian*, Vol. 11, n. 39.

Nunes, J.L.S., 2004. "*Ferrugem asiática*" Agrolink. 26 Jun. 2018 <https://www.agrolink.com.br>.

Nunes, J.L.S., 2016. "*Ferrugem asiática*" Agrolink. 26 jun. 2017 <https://www.agrolink.com.br>.

R Core Team, 2017. "*R": A language and environment for statistical computing*". R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Roese, A. D., 2010. "*Eficiência de Fungicidas no Controle da Ferrugem Asiática da Soja, Safra 2009/2010*". Embrapa, Dourados, Vol 162, p. 4.

Silva, A.M., 2015. *Disponibilidade de cálcio associada ao controle químico sobre o progresso da ferrugem asiática da soja*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INFLUÊNCIA DO ESTÁDIO DE APLICAÇÃO DE DIFERENTES FUNGICIDAS NO CONTROLE DE MANCHA BRANCA EM MILHO

**Michele Fochesatto**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
michele_fochesatto@hotmail.com

**Deivid Sacon**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
deividsacon@hotmail.com

**Francine Spitza Stefanski**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
francinestefanski@hotmail.com

**André Demartini Bueno**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
andredemartini@hotmail.com

**Paola Mendes Milanesi**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
paola.milanesi@uffs.edu.br

***Resumo.*** *Objetivou-se neste trabalho identificar e avaliar a influência do estádio fenológico para aplicação de fungicida em milho, assim como os efeitos sobre o controle da mancha branca e a produtividade da cultura. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com sete tratamentos, sendo: ausência de aplicação fungicida (T1); e aplicações nos estádios: V6 (T2); V12 (T3); R2 (T4); V6 + V12 (T5); V12 + R2 (T6) e V6 + V12 + R2 (T7). Foi utilizado o fungicida azoxistrobina + tebuconazol (60 + 100 g i.a. ha$^{-1}$), exceto no estádio V12 em T7, no qual utilizou-se o fungicida protioconazol + trifloxistrobina (87,5 + 75 g i.a. ha$^{-1}$). As variáveis avaliadas foram área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), controle (%) de mancha branca, produtividade e peso de mil grãos (PMG). As aplicações fungicidas não interferiram no PMG e produtividade da cultura. As parcelas com aplicação em estádios mais avançados da cultura (V12 e R2) apresentaram menores valores de AACPD. Do mesmo modo estas aplicações têm maior desempenho no controle de mancha branca, sendo o programa de aplicação com duas e três aplicações promissor no controle da doença.*

***Palavras-chave:*** *controle químico, Zea mays (L.), severidade, AACPD, rendimento.*

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é amplamente utilizado na fabricação de rações, fato que sustenta a cadeia produtora de proteína animal, setor de grande expressividade para o país. Com uma produção de 82,1 milhões de toneladas na safra 2017/18, o Brasil ocupa a terceira posição entre os maiores produtores mundiais de milho, ficando atrás somente dos Estados Unidas e da China (FAO, 2017; CONAB, 2018).

Dentre as doenças que ocorrem no milho, a mancha branca é considerada uma das principais, pois está presente em praticamente todas as regiões produtoras causando danos de até 60%. Os sintomas dessa doença são caracterizados inicialmente pela formação de lesões circulares aquosas e de coloração verde claro. Com o avanço da doença as lesões tornam-se necróticas, geralmente dispersas sob o limbo foliar inicial na ponta da folha, avançando para a base. Os sintomas são mais severos e, consequentemente, de melhor visualização, após o pendoamento (Costa *et al.*, 2011).

Em 1965, o agente causal da mancha branca, foi identificado como sendo o fungo *Phaeosphaeria maydis* (P. Henn.). Porém, atualmente existem controvérsias quanto à etiologia dessa doença, o que é decorrente da dificuldade de reprodução dos sintomas da fitopatologia com os conídios de *Phaeosphaeria maydis.* Sintomas semelhantes aos da

mancha branca também podem ser causados por outros fungos, tais como: *Phyllosticta* sp., *Phoma sorghina* e *Sporormiella* sp. (Brito *et al.*, 2013).

Paccola-Meirelles *et al.* (2002) estudando o agente etiológico da mancha branca em 79 híbridos de milho, relataram a presença de *Phaeosphaeria maydis* apenas nos estádios finais do desenvolvimento da doença, visto que, nos estádios iniciais, foi detectada a presença de bactéria *Pantoea ananatis.* Outros trabalhos também relacionam a mancha branca com essa bactéria como agente etiológico da mancha branca em milho (Krawczyk *et al*., 2010; Lanza, 2009)

A umidade acima de 60%, combinada a temperaturas noturnas próximas à 14 °C são condições ideais para a infecção e multiplicação da mancha branca em milho. Ainda, as semeaduras tardias, realizadas a partir do mês de novembro, fazem com que a cultura se desenvolva durante o período com condições adequadas para o desenvolvimento da mancha branca, sendo alvo de maior pressão da doença (Costa, Casela, e Cota 2010).

Pelo exposto, objetivou-se por meio desse trabalho identificar a influência do estádio fenológico para aplicação de fungicida em milho, assim como os efeitos sobre o controle da mancha branca e a produtividade da cultura.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental e no Laboratório de Fitopatologia, ambos localizados na Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim, na safra 2017/18, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (*Oxisol*), unidade de mapeamento Erechim (EMBRAPA, 2013). A análise de solo (profundidade 0,00-0,10 m) indicou a seguinte caracterização química: pH: 5,4; matéria orgânica (MO): 3,6% (teor médio); P: 5,7 mg $dm^{-3}$; K: 89 cmolc $dm^{-3}$; Al: 0,2 cmolc $dm^{-3}$; Ca: 5,6 cmolc $dm^{-3}$; Mg: 2,8 cmolc $dm^{-3}$; e CTC: 14,2 cmolc $dm^{-3}$. O clima do local é classificado como Cfa (clima temperado úmido com verão quente) conforme classificação de Köppen, apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano (CEMETRS, 2012).

A semeadura foi realizada no dia 27/10/2017 com um espaçamento de 0,50 m entrelinhas, com uma densidade de 4,3 sementes por metro linear, a fim de obter um estande final de 80 mil plantas emergidas $ha^{-1}$. Os tratamentos consistem na aplicação fungicida em diferente estádio fenológicos da planta, para o ensaio utilizou-se o híbrido AG 8780 PRO 3.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 unidades experimentais (parcelas). Cada parcela teve dimensões de 3 m de largura por 8 m de comprimento, totalizando 24 m². Foram testados 7 tratamentos, sendo eles: ausência de aplicação fungicida (T1); e aplicações nos estádios: V6 (T2); V12 (T3); R2 (T4); V6 + V12 (T5); V12 + R2 (T6) e V6 + V12 + R2 (T7). Para as aplicações utilizou-se o fungicida azoxistrobina + tebuconazol (60 + 100 g i.a. $ha^{-1}$), no tratamento T7, visando a rotação de ingredientes ativos fungicidas no programa de aplicação utilizado utilizou-se o fungicida protioconazol + trifloxistrobina (87,5 + 75 g i.a. $ha^{-1}$) na aplicação em V12. As aplicações foram realizadas com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado a $CO_2$, equipado com uma barra de 2 m de comprimento e ponta cônica TXA 8002 VK, regulado para uma vazão de 150 L $ha^{-1}$.

A adubação de base foi realizada com fertilizante mineral, na fórmula 09-33-12 na proporção de 396 kg $ha^{-1.}$ Já, a adubação de cobertura foi feita com nitrogênio na forma de ureia (45%). Para isso, foram realizadas duas aplicações de N na forma de ureia (67,5 kg de N $ha^{-1}$ em V3, mais 67,5 kg em V6).

A quantificação da severidade (%) de mancha branca ou mancha foliar de *Phaeosphaeria* foram realizadas com o auxílio da escala diagramática proposta por Sachs *et al.* (2011). Essas avaliações ocorreram aos 100 e 110 dias após a emergência em 10 folhas de cada parcela. Com base nestas informações calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme equação proposta por Campbell e Madden (1990). Para determinação do percentual de controle utilizou-se o tratamento com maior AACPD (ausência de aplicação) como controle 0 %.

A colheita foi efetuada quando todas as plantas da parcela apresentaram umidade adequada, ou seja, abaixo de 25%, considerando-se uma área útil de parcela correspondente a 4,0 m². A trilha das amostras de cada parcela foi realizada com o auxílio de uma trilhadora estacionária de parcelas e, após, foram efetuadas as avaliações de produtividade (kg $ha^{-1}$) e o peso de mil grãos (PMG, g), para cada tratamento.

Antes da determinação do peso de mil grãos, uma amostra de 100 g de grãos de cada tratamento, foi submetida à determinação de umidade. Para isso, as amostras foram colocadas em estufa a 105 °C durante 24 h conforme metodologia preconizada pelas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). Posteriormente, para o peso de mil grãos, considerando-se oito repetições de 100 grãos cada, considerando-se a metodologia das RAS (BRASIL, 2009). Ao final, a umidade de cada amostra foi corrigida para 13%.

Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$) e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises serão realizadas através do *software* estatístico R (Core Team, 2017).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio conduzido, observou-se maior valor de AACPD da doença nas parcelas com ausência de aplicação fungicida (T1-235,1 unidades); resultados intermediários foram visualizados nos tratamentos com aplicação em V6 (T2

-127,8); V6 + V12 (T5 - 129,2); R2 (T4 - 103,1); V12 (T3 - 88,0) e V12 + R2 ( T6 - 70,1 unidades). A aplicação em V6 + V12 + R2, com a rotação de i.a. foi promissora no controle de mancha branca, visto que esse tratamento obteve o menor valor de AACPD, com 37,1 unidades (Tab. 1), os tratamentos com aplicações fungicidas em estádios mais avançados da cultura (T3; T4; T6 e T7) não apresentaram diferença estatística entre si.

Tabela 1. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), Controle (%), Produtividade (kg ha $^{-1}$) e peso de mil grãos (PMG, g$^{-1}$), em milho com aplicações de diferentes fungicidas em diferentes estádios fenológicos.

| Tratamentos | Estádio de aplicação | AACPD | Controle % | Produtividade kg ha $^{-1}$ | PMG g$^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **T1** | **Testemunha** | 235,1 a* | 0,0 d | 14994,6$^{ns}$ | 410,4$^{ns}$ |
| **T2** | **V6** | 127,8 b | 45,6 c | 15218,9 | 400,4 |
| **T3** | **V12** | 88,0 bc | 62,5 abc | 13937,6 | 387,2 |
| **T4** | **R2** | 103,1 bc | 56,1 bc | 14958,8 | 431,1 |
| **T5** | **V6 + V12** | 129,2 b | 45,0 c | 14579,1 | 431,9 |
| **T6** | **V12 + R2** | 70,1 bc | 70,1 ab | 13384,1 | 383,7 |
| **T7** | **V6 + V12 + R2[1]** | 37,1 c | 84,2 a | 14316,7 | 430,7 |
| **CV.%** | | 31,5 | 19,1 | 10,2 | 8,5 |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). $^{ns}$ Não significativo.[1] Para a aplicação em V12 nesse tratamento utilizou-se protioconazol + trifloxistrobina. `Todas as demais aplicações foram realizadas com o fungicida azoxistrobina + tebuconazol.

Com relação ao controle (%) da doença, os maiores percentuais, em relação à Testemunha, foram obtidos com a aplicação em V6 + V12 + R2 (T7 - 84,2%); V12 + R2 (T6 - 70,1%) e V12 (T3 - 62,5%). Já, os menores percentuais de controle de mancha branca ocorreram nos tratamentos em que a aplicação de fungicida foi realizada em R2 (T4 - 56,1%), V6 + V12 (T5 - 45,0%) e V6 (T2 - 45,6%).

Costa *et al.* (2013), relataram boa eficiência no controle da mancha branca do milho com o uso dos fungicidas azoxistrobina e piraclostrobina, em uma e em duas aplicações, utilizados isoladamente ou em misturas com triazóis. A utilização de uma aplicação de azoxistrobina em V8, ou então duas, sendo a primeira em V8 e a segunda em pré-pendoamento, proporcionou uma AACPD de 70 unidades, enquanto a testemunha apresentou 450 unidades (Costa *et al.*, 2012). Ainda considerando que na etiologia da mancha branca, tem-se também a bactéria *Pantoea ananatis* no início da infecção, a eficiência dos fungicidas à base de estrobilurinas se deve, principalmente, ao potencial deste i.a. em suprimir o patógeno (Bonon *et al.*, 2006; Costa *et al.*, 2013).

As aplicações em estádios mais avançados da cultura (V12 e R2) proporcionaram maior controle da doença, principalmente pela infecção tardia que ocorreu no experimento. Dessa forma, as aplicações realizadas isoladamente em V6 não foram eficazes para o controle da doença (Fig. 1). A infecção em estádios finais da cultura, ou seja, do pré-pendoamento em diante, é característico de mancha branca em milho (Costa, Casela e Cota, 2010).

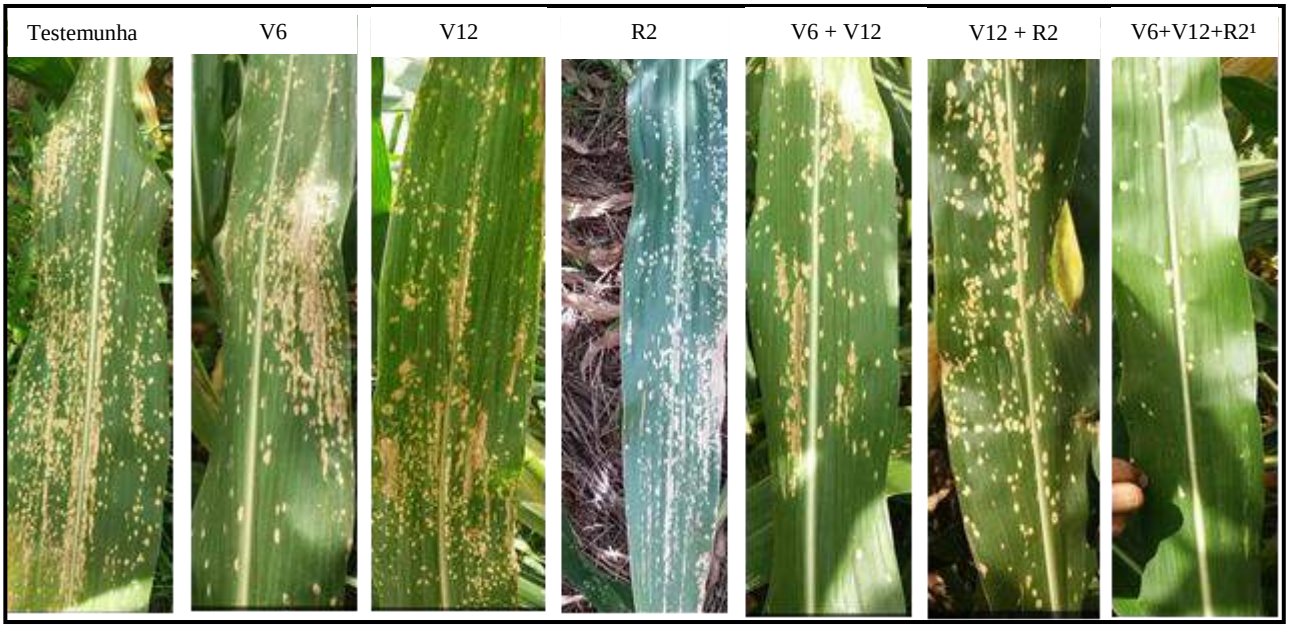


Figura 1. Severidade de mancha branca em milho em função dos estádios de aplicação do fungicida azoxistrobina + tebuconazol. [1]Para este tratamento foi aplicado protioconazol + trifloxistrobina, em V12 a fim de rotacionar o i.a. Erechim, 2017/18.

Na avaliação da produtividade e PMG, não observou-se diferença estatística entre os tratamentos (Tab. 1). A severidade da doença foliar não foi suficiente para interferir sobre os componentes de rendimento avaliados, isso também pode ter ocorrido em função do ataque tardio da doença. Brito *et al.* (2013) constataram que o momento de incidência da mancha branca está diretamente relacionado a capacidade de dano, considerando-se a produtividade. Ainda, esses autores verificaram correlação negativa entre a AACPD da mancha branca e a produtividade do milho, sendo que o início da incidência da doença deu-se aos 80 dias após a emergência, causando uma redução de 0,45 a 1,75 t $ha^{-1}$.

Desta forma, todas as aplicações de fungicidas resultaram no controle da mancha branca do milho, porém o melhor resultado foi observado em aplicações sequenciais, posicionadas em estádios mais avançados da cultura, ou seja, naqueles em que, por características do patógeno, o ataque é mais severo. A aplicação do fungicida não influenciou os componentes de rendimentos da cultura (produtividade e PMG)

## 4. CONCLUSÃO

Aplicações em estádios mais avançados da cultura do milho (V12 e R2) são promissoras no controle de mancha branca em milho, híbrido AG 8780 PRO 3.

O programa de aplicação com duas e três aplicações são eficientes no controle da doença.

A severidade da doença não interferiu na produtividade e peso de mil grãos nas condições do experimento.

## 5. REFERÊNCIAS

Bonon, K., et al., 2006. “Sensibilidade “in vitro” de fitobactérias a fungicidas do grupo das estrobilurinas”. *Summa Phytopathologica*. Vol. 32, p. 70.

Brito, A.H., et al., 2015. “Controle químico da cercosporiose, mancha-branca e dos grãos ardidos em milho”. *Ceres*, Vol. 60, n. 5.

Campbell, C.L. and Madden, L.V., 1990. *Introduction to plant disease epidemiology*. John Wiley & Sons, New York. 1ª edição.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2018. “Acompanhamento da safra brasileira de grãos (Monitoramento agrícola) - Safra 2017/18, Décimo Primeiro Levantamento”. 3 set. 2018. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos >.

Costa, R.V., Casela, C. R. e Cota, L. V., 2010. “Doenças”. In: *Cultivo do milho*. Embrapa milho e sorgo, Sete Lagoas, 6ª edição.

Costa, R.V., et al., 2011. “Recomendações para o controle químico da mancha branca do milho”. Embrapa milho e sorgo, Sete Lagoas.

Costa, R.V., et al., 2013. “Eficiência de fungicidas para o controle da mancha branca do milho”. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Vol. 11, n. 3, p. 291-301.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasilia: Embrapa, 2013. 353 p.

FAOSTAT, 2018. “Produção nos principais países produtores de milho.” 2018. <http://www.fao.org>.

Krawczyk, K., et al., 2010. “First report of *Pantoea anatis* associated with leaf spot disease of maize in Poland”. *Journal of Plant Pathology*, Vol. 92, n. 3, p. 807-811.

Lanza, F.E, 2009. “Mancha Branca do milho: Etiologia e resistência de genótipos”. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Paccola-Meirelles, L.D., et al., 2002. “Reaction of maize inbred lines to a bacterium, *Pantoea ananas*, isolated from *Phaeosphaeria* leaf spot lesions”. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Vol. 2, n. 4, p. 587- 590.

R Core Team, 2017. “R: A language and environment for statistical computing”. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SACHS, P.J.D., et al., 2011. “Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho”. *Summa Phytopathologica*, Vol. 37, n. 4, p. 202-204.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MÉTODOS DE INFESTAÇÃO DE SUBSTRATO COM *Fusarium* spp. E DANOS EM PLÂNTULAS DE CRAMBE

**Paola Mendes Milanesi**
Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Erechim, RS, Brasil.
E-mail: paola.milanesi@uffs.edu.br

**Patrícia Migliorini**
Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão. Capão do Leão, RS, Brasil.
E-mail: pati.migliorini@gmail.com

**Caciara Gonzatto Maciel**
Universidade Federal do Mato Grosso, Campus Sinop. Sinop, MT, Brasil.
E-mail: caciaragonzatto@gmail.com

**Ricardo Mezzomo**
Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais - Departamento de Defesa Fitossanitária. Santa Maria, RS, Brasil.
E-mail: mezzomoricardo@hotmail.com

**Marlove Fátima Brião Muniz**
Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais - Departamento de Defesa Fitossanitária. Santa Maria, RS, Brasil.
E-mail: marlovemuniz@yahoo.com.br

**Resumo:** *Objetivou-se avaliar dois métodos de infestação de substrato com grãos de milho colonizados por Fusarium* spp. *e a interferência sobre a emergência de plântulas de crambe (cv. 'FMT Brilhante'). Para isso, seis isolados de Fusarium* spp. *(FCa/2, FCa/3, FCa/4, FCa/7.2, FCa/8 e FCa/10) e dois métodos de infestação de substrato, foram avaliados, sendo: método 1 (M1) - infestação do substrato, por meio da distribuição de grãos de milho colonizados pelo patógeno e, logo em seguida, a semeadura do crambe; e, método 2 (M2) – semeadura realizada após 7 dias de infestação do substrato (conforme descrito anteriormente). Na testemunha procedeu-se a semeadura do crambe em substrato comercial, sem a presença do patógeno. O delineamento foi o inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, e as variáveis analisadas foram: emergência (%) e damping off de pré e de pós-emergência (%). Os dois métodos foram eficientes na infestação de Fusarium* spp. *em substrato comercial, sendo que M2 é promissor para FCa/2, FCa/3 e FCa/7.2. Todos os isolados avaliados prejudicaram a germinação e o estabelecimento de plântulas, implicando na redução da emergência (%) e aumento do percentual de damping off (pré e pós-emergência), confirmando que se tratam de isolados patogênicos ao crambe.*

***Palavras-chave:*** *Crambe abyssinica, Fusarium solani, Fusarium oxysporum, damping off, patogenicidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E. Fries) pertence à família botânica Brassicaceae, é uma planta originária da região do Mediterrâneo (Souza *et al.*, 2009) que tolera seca e baixas temperaturas, além de ter fácil adaptação em regiões de clima tropical e subtropical (Reginato *et al.*, 2013). Possui potencial para a produção de biodiesel e pode constituir uma opção para a rotação de culturas em praticamente todas as regiões do Brasil (Pilau *et al.*, 2012). As sementes de crambe contêm entre 26 e 38% de óleo, além de uma elevada concentração de proteínas (Masetto *et al.*, 2013).

Entre as doenças de importância econômica que ocorrem nessa cultura, pode-se destacar aquelas associadas a patógenos transmitidos via semente, dentre estes o gênero *Fusarium* sp. Esse patógeno foi identificado causando perdas na produtividade de cambre na Argentina (Gaètan, 2005) e no Brasil (Moers *et al.*, 2012). *Fusarium* pode sobreviver no solo por meio de estruturas de resistência e, ainda, em estruturas internas das sementes, como o embrião (Ramos *et al.*,

2014), quando associado as sementes pode causar apodrecimento seguido de morte e *damping off* (ou tombamento) de de pré e pós-emergência (Bedendo, 2011).

Para complementar estudos associados ao patossistema *Fusarium* spp. x Crambe, torna-se importante a padronização de métodos de inoculação desse patógeno em sementes da espécie. Os métodos mais simples de inoculação consistem na imersão dessas numa suspensão de esporos ou contato direto com a cultura fúngica (Santos *et al.*, 2011) desenvolvida em meios de cultura convencionais (Sousa *et al.*, 2009). Nesses métodos, na maioria das vezes, as estruturas fúngicas ficam aderidas ao tegumento das sementes, não garantindo o processo de infecção e sim contaminação, e isso também pode ser influenciado pelo tempo que as sementes levam para iniciar o processo germinativo (Machado *et al.*, 2001), que no caso do crambe é de 4 a 7 dias (Brasil, 2009).

Outras metodologias são necessárias a fim de se obter resultados rápidos e eficientes, que propiciem inferir sobre os danos que *Fusarium* sp. causa, associado às sementes de crambe. Por isso, objetivou-se avaliar a eficácia de métodos de infestação de substrato, com isolados de *Fusarium* spp., e os efeitos provocados sobre a germinação e a emergência de plântulas de crambe.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Santa Maria, entre 2012 e 2014. Foram utilizadas sementes de crambe, da cultivar 'FMT Brilhante'. Seis isolados de *Fusarium* spp. foram utilizados, sendo: FCa/2, FCa/3, FCa/4 e FCa/7.2, provenientes de fragmentos de raízes de crambe; e FCa/8 e FCa/10, obtidos de sementes de crambe. Os isolados foram multiplicados em placas de Petri contendo o meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA; extrato de 200 g de batata, 20 g de dextrose, 20 g de ágar, 1000 mL de água destilada) e foram incubados a 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 h, durante sete dias.

A patogenicidade de cada isolado foi testada por meio de infestação de substrato com grãos de milho como veículo para multiplicação do fungo (Klingelfuss *et al.*, 2007). Inicialmente, grãos de milho foram embebidos em água durante 24 horas, após esse período o excesso de água foi descartado. Aproximadamente 30 g desses grãos foram colocados em erlenmeyers de 100 mL e autoclavados por duas vezes, com intervalo de 24 h. Após o resfriamento, 10 discos de meio de cultura BDA (12 mm de diâmetro), contendo o micélio e conídios de *Fusarium* spp. foram transferidos para cada frasco, permanecendo sob incubação a 25 ± 2 °C, no escuro, durante 14 dias (Fig. 1A).

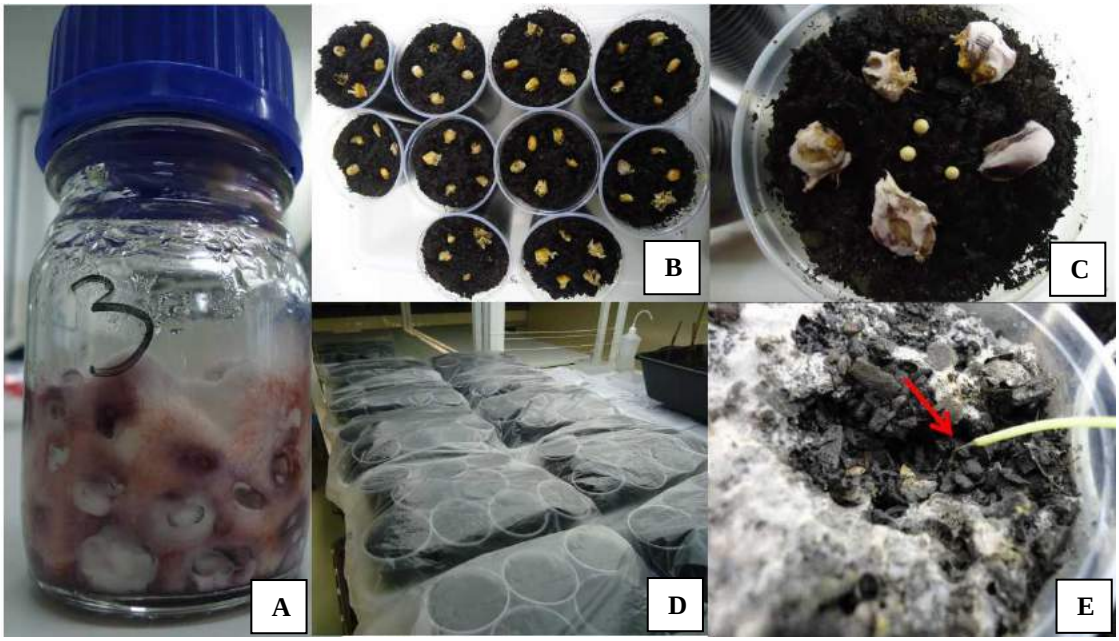



Figura 1. Teste de patogenicidade com infestação do substrato. A) Grãos de milho colonizados por *Fusarium* spp. B) Deposição dos grãos de milho colonizados no substrato. C) Semeadura do crambe e adição da fonte de inóculo (Método 1). D) Acondicionamento dos copos com fonte de inóculo por sete dias em sacos plásticos devidamente fechados, para posterior semeadura (Método 2). E) *Damping off* de pós-emergência (seta vermelha) em plântula de crambe inoculada com *Fusarium* spp.

No método 1 (M1), testou-se a infestação do substrato, por meio da distribuição de grãos de milho colonizados pelo patógeno e, logo em seguida, a semeadura do crambe (Fig. 1C). No método 2 (M2), a semeadura do crambe foi

realizada após 7 dias de infestação do substrato, realizada pela distribuição dos grãos de milho colonizados pelo patógeno. Em ambos, o substrato utilizado foi o do tipo comercial (Carolina Soil®).

Em câmara climatizada, as unidades experimentais (copos plásticos de 300 mL) foram preenchidas com substrato (esterilizado duas vezes, com intervalo de 24 horas, a 120 ºC e 1 atm, por 1 hora). Para a infestação do substrato, tanto em M1 quanto em M2, cinco grãos de milho colonizados por *Fusarium* spp., foram distribuídos de forma equidistante na superfície do substrato (Fig. 1B). Em seguida, 100 mL de água destilada e esterilizada foi adicionada em cada copo, procedendo-se a semeadura do crambe (M1) e, para isso, as sementes (três ao total) foram depositadas a uma profundidade de 2 cm e, posteriormente, os copos foram levados para a câmara de incubação (25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas) sendo umedecidos manualmente sempre que necessário. No M2, após a infestação do substrato, os copos foram acondicionados em sacos plásticos devidamente fechados e levados para a câmara de incubação (25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 h) durante sete dias (Fig. 1D) e, após o crambe foi semeado nas mesmas condições descritas anteriormente.

No tratamento testemunha, ao substrato esterilizado adicionou-se apenas 100 mL de água destilada e esterilizada, procedendo-se, em seguida, a semeadura do crambe. No decorrer do experimento, foi contabilizada a presença ou ausência de sintomas de *damping off* de pré e de pós-emergência (Fig.1E) e aos 30 dias após a semeadura (DAS) foi realizada a avaliação de emergência das plântulas.

O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 +1 (2 métodos de inoculação x 6 isolados de *Fusarium* spp. + 1 testemunha), com dez repetições (copos) por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, caso significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A análise foi realizada com auxílio do *software* estatístico SISVAR v. 5.6 (Ferreira, 2011).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies de *Fusarium* avaliadas nesse trabalho, foram previamente identificadas como *Fusarium solani* (FCa/3, FCa/7.2 e FCa/10) e *F. oxysporum* (FCa/2, FCa/4 e FCa/8), sendo que os isolados FCa/3, FCa/7.2 e FCa/4 são patogênicos ao crambe, causando redução no potencial germinativo, o que se reflete sobre a emergência de plântulas (Migliorini *et al.*, 2018).

O isolado FCa/7.2, quando inoculado por meio do M1, implicou em 90% de emergência de plântulas não diferindo da testemunha. Porém, quando esse isolado foi inoculado pelo M2, houve 63% de emergência de plântulas de crambe, indicando que a infestação do substrato antes da semeadura torna-se uma prática mais eficiente para averiguar a patogenicidade de *Fusarium* em crambe. Essa mesma condição foi observada para o isolado FCa/2 (Tab. 1).

Tabela 1. Emergência de plântulas (%) e *damping off* de pré e pós-emergência (%) de crambe, cv. 'FMS Brilhante', em substrato infestado com *Fusarium* spp. através de diferentes métodos. Santa Maria, RS, 2013.

| **Isolados de *Fusarium* spp.** | **Emergência (%)** | | ***Damping off*** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Pré-emergência (%)** | | **Pós-emergência (%)** | |
| | Método[1] | | | | | |
| | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 |
| FCa/2 | 73 abA[2] | 33 bB | 7 aA | 3 abA | 20 aB | 63 aA |
| FCa/3 | 50 bA | 57 abA | 27 aA | 0 bB | 23 aA | 43 abcA |
| FCa/4 | 50 bA | 27 bA | 17 aA | 30 aA | 33 aA | 50 abA |
| FCa/7.2 | 90 aA | 63 abB | 3 aA | 17 abA | 7 aA | 20 bcdA |
| FCa/8 | 73 abA | 87 aA | 0 aA | 7 abA | 27 aA | 7 dA |
| FCa/10 | 77 abA | 73 aA | 20 aA | 17 abA | 3 aA | 10 cdA |
| Testemunha | 83 abA | 83 aA | 17 aA | 17 abA | 0 aA | 0 dA |

[1]M1: Método 1; M2: Método 2. [2]Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O *damping off* (ou tombamento) de pré-emergência, é caracterizado pela podridão dos tecidos iniciais e ocorre antes da emergência da plântula, resultando em redução na taxa de semeadura sendo, em muitos casos, confundida com baixo potencial fisiológico das sementes (Bedendo, 2011). Para o isolado FCa/3 o maior percentual de *damping off* de pré-emergência foi verificado com o M1 de infestação de substrato, diferindo estatisticamente do M2 (Tab. 1).

O maior percentual de *damping off* de pós-emergência foi observado em substrato infestado com o isolado FCa/2 pelo M2. A colonização prévia do substrato pelo fitopatógeno permite que ele se estabeleça e multiplique-se, ampliando a fonte de inóculo inicial. Similarmente ao que foi observado nesse trabalho, Milanesi *et al.* (2013), constataram a patogenicidade de *Fusarium oxysporum* (isolados F1s, F3s e F4s) e *Fusarium profliferatum* (isolado F2s) em soja, cv.

'FT-Estrela', por meio da infestação de substrato pelo método de grãos de milho colonizados pelo patógeno. Ademais, para o fungo patogênico *Macrophomina phaseolina*, Cruciol e Costa (2018) concluíram que a inoculação de sementes de soja, utilizando grãos de arroz colonizados pelo patógeno, é eficiente, embora possa haver diferença entre as cultivares avaliadas.

## 4. CONCLUSÃO

- Os métodos M1 e M2 são eficientes para infestação de substrato com *Fusarium* spp. a fim de avaliar danos em plântulas de crambe.
- O M2 (infestação do substrato e semeadura após sete dias) é promissor para os isolados FCa/2 (*Fusarium oxysporum*), FCa/3 e FCa/7.2 (*Fusarium solani*).
- Os patógenos (*Fusarium oxysporum* e *F. solani*), quando em substrato infestado, prejudicam a germinação e estabelecimento de plântulas de crambe o que reflete-se sobre o percentual de emergência e *damping off* (pré e pós-emergência).

## 5. REFERÊNCIAS

Bedendo, I. P., 2011. "Damping-off". In: Amorim, L.; Rezende, J. A. M.; Bergamin Filho, A. *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos.* Piracicaba: Agronômica Ceres, Vol 1, p. 435-441.

BRASIL. 2009b. *Regras para análise de sementes.* Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Mapa/ACS.

Cruciol, G.C.D. e Costa, M.L.N., 2018. "Influência de metodologias de inoculação de *Macrophomina phaseolina* no desempenho de cultivares de soja". *Summa Phytopathologica*, Vol. 44, p. 32-37

Ferreira, D.F., 2011."Sisvar: a computer statistical analysis system". *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, Vol. 35, p. 1039-1042. .

Gaètan, S. A., 2005. "Occurrence of *Fusarium* Wilt on Canola Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* in Argentina". *Plant Disease*, Vol. 89, p. 432.

Klingelfuss, L.H., Yorinori, J.T. e Destro, D., 2007. "Métodos de inoculação para quantificação de resistência em soja à *Fusarium solani* f. sp. *glycines*, em casa-de-vegetação". *Fitopatologia Brasileira*, Vol. 32, p. 050-055.

Machado, J. C., Oliveira, J. A. de, Vieira, M. das G.G.C. e Alves, M. de C., 2001. "Uso da restrição hídrica na inoculação de fungos em sementes de milho". *Revista Brasileira de Sementes*, Vol. 23, p. 88-94.

Masetto, T. E., Ribeiro, D. M. e Rezende, R. K. S., 2013. "Germinação de sementes de *Urochloa ruziziensis* em função da disponibilidade hídrica do substrato e teor de água das sementes". *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Vol. 43, p. 385-391..

Migliorini, P., Milanesi, P.M., Mezzomo, R., Maciel, C.G. e Muniz, M.F.B., 2018. "*Fusarium solani* and *F. oxysporum*: Etiological agents of damping off in crambe". *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (AGRÁRIA)*, Vol.13, e5510.

Milanesi, P.M., Blume, E., Antonioli, Z.I., Muniz, M.F.B., Santos, R.F. dos, Finger, G. e Durigon, M.R., 2013. "Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja". *Revista de Ciências Agrárias*, Vol. 36, p. 347-356.

Moers, E. M., Kuhn, O. J., Gonçalves, J. R.A.C., Franzener, G. e Stangarlin, J. R., 2012. "Levantamento de doenças na cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na região oeste do Paraná". *Scientia Agraria Paranaensis*, Vol. 11, p. 35-48.

Pilau, F. G., Somavilla, L., Battisti, R., Schwerz, L. e Kulczynski, S. M., 2012. "Germinação de sementes de crambe em diferentes temperaturas e substratos". *Semina: Ciências Agrárias*, Vol. 33, p. 1825-1830.

Ramos D. P., Barbosa R. M., Vieira, B. G. T. L., Panizzi, R. de C. e Vieira, R. D., 2014. "Infecção por *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides* em sementes de milho". *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Vol. 44, p. 24-31.

Reginato, P., Souza, C.M.A. de, Silva, C.J. da e Rafull, L.Z.L., 2013. "Desempenho agronômico e qualidade de sementes de crambe em diferentes épocas e profundidades de semeadura". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Vol. 48, p.1410-1413.

Santos, L.A.S., 2011. *Produção e qualidade fisiológica de sementes de crambe (Crambe abyssinica Hochst).* Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Souza, A. D. V., Fávaro, S. P., Ítavo, L. C. V. e Roscoe, R., 2009. "Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Vol. 44, p. 1328-1335.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTABELECIMENTO *IN VITRO* NA CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES ESTADOS FÍSICOS DO MEIO DE CULTURA E TIPOS DE LUZ

**Giovani Bolson Gomes**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mail: giovani_bols@hotmail.com
**Jardes Bragagnolo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mail: jardes@uricer.edu.br
**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mail: p.sergio.r@uol.com.br
**Sergio Henrique Mosele**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mail: msergio@uricer.edu.br
**Amito José Teixeira**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mail: amito@uricer.edu.br
**Antonio Sergio do Amaral**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mail: asamaral@uricer.edu.br
**Diogo Vitale Canova**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
e-mails: d_canovaf11@hotmail.com

***Resumo.*** *O objetivo no presente trabalho foi avaliar diferentes tipos de luz e estado físico do meio (sólido e líquido) no estabelecimento in vitro da cana-de-açúcar variedade RB975935. Os explantes isolados com 2 ± 0,2 cm de altura foram inoculados em meio MS acrescido por 100 mg $L^{-1}$ de mio-inositol, 30 g $L^{-1}$ de sacarose, 7 g $L^{-1}$ de ágar e 1,0 mg $L^{-1}$ de 6-benzilaminopurina. O pH do meio foi ajustado para 5,8. Os explantes foram cultivados sob LEDs azuis-EDEB 3LA1 470 nm, LEDs verdes-EDET 3LA1 530 nm, LEDs vermelhos-EDER 3LA3 630 nm e lâmpadas fluorescentes, com fotoperíodo de 16 horas, temperatura de 25 ± 2 ºC e intensidade luminosa de 20 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$. O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4 (Tipo de meio x tipo de luz), com três repetições. Após 30 dias foram avaliados a porcentagem de estabelecimento, porcentagem de contaminação fúngica e bacteriana, número de brotações e altura. Não houve efeito significativo dos fatores para a porcentagem de contaminação fúngica e bacteriana, e porcentagem estabelecimento. O maior número de brotações (2,6 brotações) ocorreu em meio semi-sólido. As brotações com maior altura (3,07 cm) foram obtidas no meio de cultura semi-sólido.*
*Palavras-chave**: Explantes, Murashige e Skoog, LEDs, micropropagação***

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é considerada uma das principais culturas do panorama agrícola brasileiro. A referida espécie destaca-se principalmente por ser uma fonte de energia renovável. A partir da cana-de-açúcar são obtidos vários produtos e subprodutos, tais como o álcool, açúcar, eletricidade, entre outros (Rocha et al., 2013). No mundo, a cultura da cana-de-açúcar ocupa uma área de mais de 10,2 milhões de hectares (Fao, 2018).

A cana-de-açúcar é produzida por meio da propagação assexuada. Assim, as técnicas de micropropagação são ferramentas importantes para disponibilizar mais rapidamente aos produtores, mudas sadias das variedades melhoradas, as quais são produzidas a partir do cultivo de meristemas. Dentre as vantagens desta forma de propagação, destaca-se a possibilidade de obtenção de plantas sadias, garantia da estabilidade genética e a produção de um grande número de mudas, durante o ano inteiro (Lakshmanan, 2006). Contudo, embora a cana-de-açúcar seja responsiva *in vitro*, o custo de produção tem sido fator limitante ao uso de mudas micropropagadas em maior escala pelos produtores (Jalaja et al., 2008).

A fonte de luz utilizada em salas de crescimento nos laboratórios de cultura de tecidos, de modo geral, é composta por lâmpadas fluorescentes brancas, as quais foram inicialmente desenvolvidas para iluminação de ambientes e apresentam custos de aquisição mais acessíveis. Por outro lado, os diodos emissores de luz (LEDs) têm alcançado larga aplicação comercial e nos últimos anos estão sendo avaliados na micropropagação de plantas no Brasil (Rocha et al., 2010; Silva et al., 2016; Rocha et al., 2017). A utilização dos LEDs tem sido impulsionada com o aquecimento global e com a preocupação ambiental, pois, cada vez mais, tem-se buscado o uso de equipamentos mais eficientes, menos poluentes e com maior vida útil (Steele, 2007).

Os LEDs são considerados como uma alternativa bastante promissora por apresentarem características ímpares em relação às lâmpadas convencionais, tais como alta eficiência na geração de luz com baixa emissão de calor, ausência de substância tóxica tais como mercúrio, pequeno volume e massa, e longo período de vida útil, podendo atingir até 100.000 horas (Nhut & Nam, 2010). Além disso, de acordo com Skin et al. (2008) e Ferreira et al. (2016), os LEDs proporcionam aumento da quantidade de clorofila e de carotenoides nos tecidos das plantas, maior taxa de multiplicação dos explantes e maior comprimento das brotações.

Diante do exposto, o objetivo no trabalho foi avaliar diferentes tipos de luz no estabelecimento in vitro da cana-de-açúcar variedade RB975935 cultivada em meio de cultura sólido e líquido.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI Campus Erechim.

Para o estabelecimento *in vitro* foi utilizado como explantes segmentos de colmos de cana-de-açúcar da variedade RB975935 do canavial da URI Campus II com dez meses de cultivo (Fig. 1).

Figura 1. Aspecto visual do canavial da URI Campus Erechim utilizado para a retirada do material vegetal para estabelecimento *in vitro*. URI Erechim, 2018.

Os segmentos de colmo foram retirados da região apical da planta de cana-de-açúcar com aproximadamente 30 cm. Os materiais coletados foram levados ao Laboratório de Biotecnologia. Inicialmente os segmentos foram encurtados em aproximadamente 10 cm e mergulhados em álcool 70% durante um minuto. Transcorrido esse tempo, eles foram transferidos para um becker contendo hipoclorito de sódio 1% volume/volume, onde permaneceram por quinze minutos. Após este período eles foram enxaguados com água destilada autoclavada por três vezes (Fig. 2).

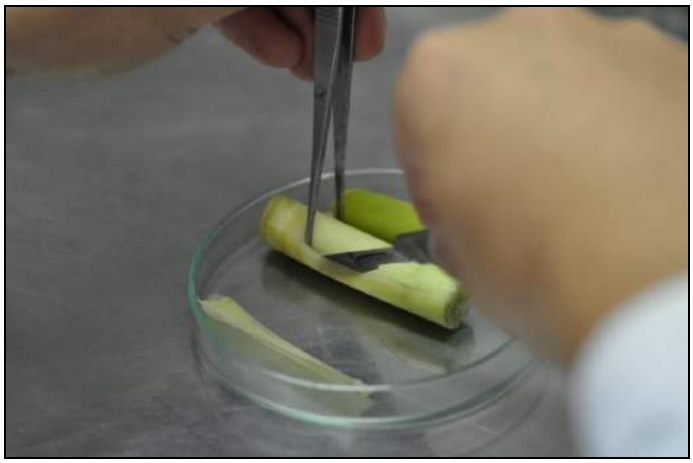


Figura 2. Aspecto dos segmentos de cana-de-açúcar variedade RB975935 usado para a retirada do ápice caulinar em câmara de fluxo laminar. URI Erechim 2018.

O estabelecimento *in vitro* da cana-de-açúcar foi estudado cultivando-se os explantes (ápice caulinar), removidos dos segmentos de cana-de-açúcar, em frascos de vidro com capacidade de 250 mL, contendo 40 mL de meio de cultura MS semi-sólido e meio MS líquido. Para evitar que o explante ficasse submerso no meio líquido foi utilizado um chumaço de algodão após a distribuição do meio de cultura nos frascos. O meio de cultura foi constituído pelos sais do meio MS (Murashige e Skoog, 1962) acrescido por 100 mg $L^{-1}$ de mio-inositol, 1,0 mg $L^{-1}$ de BAP (6-benzilaminopurina) e 30 g $L^{-1}$ de sacarose. O pH do meio de cultura foi ajustado para 5,8, antes da adição de 7 g $L^{-1}$ de ágar, após foi esterilizado a 121 ºC à 1,5 atm durante 20 minutos.

Os frascos contendo os explantes foram transferidos para sala de crescimento com fotoperíodo de 16 h e temperatura de 25 ± 2 ºC (Fig. 3). A intensidade luminosa na sala de cultivo foi fixada em 20 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ para as diferentes fontes de luz.

Figura 3. Aspecto visual do segmento apical da cana-de-açúcar variedade RB975935, inoculado em meio de cultura MS semi-sólido. URI Erechim 2018.

Os tratamentos utilizados foram constituídos por diferentes fontes de luz [(LEDs azuis-EDEB 3LA1 470 nm, LEDs verdes-EDET 3LA1 530 nm, LEDs vermelhos-EDER 3LA3 630 nm, e lâmpadas fluorescentes brancas (testemunha)] e o estado físico do meio de cultura (meio MS Líquido e meio MS semi-sólido).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial do tipo 2x4 (estado físico do meio de cultura e tipo de luz), com três repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída por um frasco de vidro com capacidade de 250 mL contendo 40 mL de meio de cultura, e um explane por frasco.

Após 30 dias de cultivo foram avaliados o número e o comprimento das brotações formados por explante, porcentagem de contaminação fúngica e bacteriana, e porcentagem de estabelecimento *in vitro*. Considerou-se como estabelecimento os explantes que não apresentaram nenhuma contaminação e formaram brotação.

Para análise estatística, os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, comparando-se as médias do fator fonte de luz e estado físico do meio de cultura pelo teste de Duncan, através do Programa Estatístico Sanest. Dados expressos em percentagem foram transformados em arco seno da raiz quadrada de x/100, os dados relativos ao número de brotações por explante foram transformados em (x + 0,5) ½, enquanto a variável comprimento da brotação não foi transformada. Para as análises estatísticas, foram adotados 5% de probabilidade de erro.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se que não houve efeito significativo dos fatores estudados (estado físico do meio de cultura e tipo de luz) para as variáveis porcentagem de contaminação fúngica, porcentagem de contaminação bacteriana e porcentagem de estabelecimento.

Em relação a variável número de brotações formadas, observou-se efeito significativo apenas do fator estado físico do meio de cultura (meio semi-sólido e meio líquido) (Tab. 1). Pode-se observar na tabala1, que o maior número médio de brotações formadas por explante (2,6 brotações por explante) ocorreu em meio semi-sólido. De acordo com Grattapaglia e Machado (1998), o meio de cultura líquido em alguns casos pode contribuir para o aumento do número de brotações formadas por explante. Ainda de acordo com os mesmos autores, esse aumento da taxa de multiplicação em meio líquido está relacionado com a absorção de nutrientes e reguladores de crescimento, pois eles são facilmente absorvidos quando os explantes são cultivados em meio líquido. Contudo, o fato que não ter ocorrido com os explantes de cana-de-açúcar pode ser atribuído a espécie em estudo. Pois, cada espécie vegetal tem características genéticas próprias, logo elas podem apresentar respostas diferentes quando cultivadas *in vitro*. Além disso, talvez o tipo do explante utilizado (ápice caulinar), devido ao tamanho e quantidade de reservas armazenadas no tecido por explante, pode ser suficiente para atender a demanda das brotações formadas nesta fase inicial de cultivo.

Tabela 1. Número de brotações formadas em explantes de cana-de-açúcar variedade RB975935, cultivados em meio MS semi-sólido e líquido, após 30 dias de cultivo.

| **Estado físico do meio** | **Número de brotações** |
|---|---|
| Sólido | 2,6 a |
| Líquido | 1,14 b |

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Embora o tipo de luz não tenha apresentado efeito significativo para a variável número de brotações formadas por explante, pode-se observar na (Tab. 2) que numericamente os explantes cultivados sob os LEDs vermelhos apresentaram maior média (2,87 brotações por explante) em relação aos demais tipos de luz, inclusive ao tratamento controle (1,54 brotações por explante). Isso demonstra que é necessário analisar a possibilidade de substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LEDs. Pois, embora elas custem mais caro que as lâmpadas fluorescentes, devido ao maior período de vida útil (100.000 horas) e maior eficiência luminosa na transformação da energia elétrica em luminosidade, com o passar dos anos, a economia gerada poderá compensar o investimento realizado.

Tabela 2. Número das brotações de cana-de-açúcar variedade RB975935 cultivadas sob diferentes tipos de luz, após 30 dias de cultivo.

| **Tipo de luz** | **Número de brotações** |
|---|---|
| LEDs vermelhos | 2,87 a |
| LEDs verdes | 1,46 a |
| LEDs azuis | 1,53 a |
| Lâmpada flourescente | 1,54 a |

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Quanto a variável altura da brotação, obteve-se efeito significativo do fator estado físico do meio de cultura (Tab. 3), mas o tipo de luz não apresentou diferença para esta fase de cultivo. Os explantes cultivados no meio de cultura semi-sólido formaram as brotações com maior altura (3,07 cm). Brotações maiores são mais desejáveis do que as de menor tamanho, pois facilita a separação na ocasião da repicagem, além disso evita perdas de explantes quando as brotações são submetidas ao enraizamento *in vitro*, pois elas enraízam mais facilmente.

Tabela 3. Altura das brotações de cana-de-açúcar variedade RB975935 cultivadas cultivados em meio MS semi-sólido e líquido, após 30 dias de cultivo.

| Estado físico do meio | Altura das Brotações |
|---|---|
| Sólido | 3,07 a |
| Líquido | 2,43 b |

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## 4. CONCLUSÕES

Para as condições testadas, pode-se concluir que o meio de cultura semi-sólido permite a obtenção de maior número de brotações formadas por explante do que o meio líquido. O tipo de luz na fase de estabelecimento *in vitro* não apresentou diferença no número de brotos formados por explante e altura das brotações. Contudo, o uso de LEDs é considerado uma alternativa promissora para substituir a fonte de luz tradicional usada nas salas de cultivo devido a maior eficiência energética e maior vida útil.

## 5. REFERÊNCIAS

FAO. Food and Agriculture Organization. Faostat. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 05 abril. 2018.

FERREIRA, L.T.; SILVA, M.M.A.; MACÊDO, C.R.; WILLADINO, L. Fonte de luz e concentração de sacarose no cultivo *in vitro* de cana-de-açúcar (RB867515). Plant Cell Culture & Micropropagation, Vol.12, n.2, p.46-52, 2016.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: Embrapa – SPI / Embrapa – CNPH, 1998. Vol.1, p.183–260.

JALAJA, N.C.; NEELAMATHI, D.; SREENIVASAN, T.V. Micropropagation for quality seed production in sugarcane in Asia and the Pacific. Rome: FAO, 2008. 46p.

LAKSHMANAN, P. Somatic embryogenesis in sugarcane: Na addendum to the invited review. *In Vitro* Cellular & Developmental Biology- Plant, Vol.42, n.3, p.201-205, 2006.

MURASHIGE, T., SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, Vol.15, p. 473-497, 1962.

NHUT, D.T.; NAM, N.B. Light-emitting diodes (LEDs): An artificial lighting source for biological studies. Proceedings of the 3rd International Conference on the Development of BME, p.133-138. 2010.

ROCHA, P.S.G.; OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B.; SANTOS, U.L. Diodos emissores de luz e concentrações de BAP na multiplicação *in vitro* de morangueiro. Ciência Rural, Vol.40, p.1922-1928, 2010.

ROCHA, P.S.G.R; OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Sugarcane micropropagation using light emitting diodes and adjustment in growth-medium sucrose concentration. Ciência Rural, Vol.43, n.7, p.1168-1173, 2013.

ROCHA, P.S.G.; OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W. B.; MOSELE, S. H. Uso de LEDs na multiplicação *in vitro* de três cultivares de bananeira. Revista Colombiana de Ciencias Horticolas, Vol.11, p.247-252, 2017.

SILVA, M.M.A.; OLIVEIRA, A.L.B.; OLIVEIRA-FILHO, R.M.; CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.; GOUVEIRA-NETO, A. The effect of spectral light quality on *in vitro* culture of sugarcane. Acta Scientiarum, Vol.38, n.22, 2016.

SKIN, H.S.; MURTHY, H.N.; HEO, J.W.; HAHN, E.J. & PAEK, K.Y. The effect of light quality on the growth and development of *in vitro* cultured Doritaenopsis plant. Acta Physiologia & Plantarum, Vol.30, p.339-343, 2008.

STEELE, R.V. The story of a new light source. Nature, Vol.1, p.25-26, 2007.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DE TRIGO COM DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO ALTO URUGUAI

**Ricardo Santolin**
**Dener Mateus Perin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
ricardostln@hotmail.com; denermateusperin@hotmail.com

**Vanderlei Secretti Decian**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
vdecian@uri.com.br

**Jardes Bragagnolo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
jardesb@yahoo.edu.br

**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
rocha@uricer.edu.br

**Luam José Bampi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
luamjbampi@hotmail.com

*Resumo: Atualmente o trigo possui grande importância econômica e social, e um dos principais limitantes na produção desta cultura é a disponibilidade nitrogênio para as plantas. O uso de imagens espectrais pode ser um grande aliado para a determinação da dose de nitrogênio que deve ser aplicada em cada parcela da lavoura. O presente trabalho teve por objetivo correlacionar os dados de NDVI obtidos por meio de imagens de um VANT (veículo aéreo não tripulado) com a adubação nitrogenada aplicada a lanço e com a produtividade obtida nos diferentes manejos impostos as parcelas. Para isso utilizou-se os softwares Idrisi Selva, MapInfo e o programa estatístico R. Os dados de NDVI obtidos e a adubação imposta apresentaram boa correlação, enquanto o NDVI e a produtividade não apresentaram correlação. Concluiu-se com o trabalho que a adubação e geração do aumento de biomassa são variáveis que quando se adiciona adubação nitrogenada aumenta a relação da biomassa da cultura do trigo. O fato de não haver correlação entre o NDVI e produtividade pode estar associado a fertilidade do solo que homogeneizou os valores de produtividade nas parcelas e as condições climáticas que produziram ao desempenho da cultura.*

***Palvras-chave:*** *técnicas de manejo, biomassa, VANT´s, NDVI*

## 1. INTRODUÇÃO

O potencial produtivo de uma cultura é definido como a máxima capacidade de produção de uma planta ou comunidade de plantas, em função da limitação imposta pelo ambiente no qual ela se encontra (Evans e Fischer, 1999).

Com o passar do tempo, inúmeras cultivares de trigo estão sendo desenvolvidas e lançadas no mercado, apresentando elevação no seu potencial produtivo, o que exige, consequentemente, elevadas doses de adubação, sobretudo de adubações nitrogenadas.

De acordo com a FAO (2018) o trigo é produzido em cerca de 126 países, atingindo uma produção de aproximadamente 759,6 milhões de toneladas na safra de 2017. Segundo dados da CONAB (2017), o trigo é um dos cereais mais cultivado no Brasil, atrás do milho e do arroz, com uma área colhida de 1.919,1 mil ha e uma produção de 4.568,4 mil t na safra de 2017.

Para a manutenção de boas produtividades o trigo é dependente de adubação, incluindo adubações nitrogenadas. Segundo Tisdale et. al (1993), o nitrogênio (N) é um nutriente essencial e o mais importante utilizado pelas plantas, porém, ao mesmo tempo, em relação ao meio ambiente é um dos mais prejudiciais. Isso porque apesar de ser o

elemento que as plantas mais necessitam, este nutriente apresenta grande cuidado em sua aplicação devido as diversas reações químicas e biológicas que ocorrem.

O N, principal elemento limitante na produtividade da cultura do trigo, chega ao solo através da decomposição de restos orgânicos (vegetais e animais) e/ou inorgânicos, fixação biológica (simbiótica ou não) e fixação por descargas elétricas (Zagonel et al., 2002).

No solo o N pode ser encontrado na forma orgânica ou inorgânica, desta forma exigindo cuidados mais adequados. Segundo Schadchina e Dnitrieva (1995), os índices de clorofila das folhas do trigo, bem como a matéria seca e a produtividade, se correlacionam positivamente com a adubação nitrogenada aplicada.

Em condições adversas, principalmente relacionadas ao teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo, época e método de aplicação do fertilizante, o N é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo (Kluthcouski et al., 2006).

Por sua vez, o sensoriamento remoto tem a capacidade de gerar informações durante o desenvolvimento da cultura, que podem ser utilizadas como base para recomendação correta de adubação nitrogenada a ser aplicada, bem como o momento preciso em que as aplicações devem ser realizadas, para tanto são utilizados imagens capazes de gerar índices espectrais que possibilitam a medição chamados entre outros de NDVI.

Hoje em dia o uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) tornaram-se uma importante ferramenta para o bom gerenciamento das propriedades rurais. Através dos mesmos, é possível gerar diversos bancos de dados, dos quais, após seu processamento em programas computacionais é possível obter diversas informações que facilitam o gerenciamento das propriedades e permitem um superávit nos lucros dos produtores.

Segundo Neto (2016), com as imagens obtidas pelos VANTs ou drones, torna-se possível traçar rotas para a movimentação das máquinas agrícolas reduzindo a compactação do solo e otimizando as operações no campo, observar falhas na implantação das culturas.

Além disso, dentre outras potencialidades, com o processamento destas imagens é possível determinar diversos índices de vegetação, como o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) por exemplo. Estes índices podem gerar dados que informam o estado nutricional das plantas, que pode ser estratificado em diversas classes permitindo a aplicação de defensivos a taxa variada diminuindo os custos do empreendimento e maximizando a produtividade das lavouras. Dessa forma, aplica-se a correlação entre índices espectrais e o acúmulo de biomassa das culturas a fim de predizer a condição nutricional ou seu estádio de desenvolvimento (Liu, 2006).

Diante disso, buscou-se com este trabalho avaliar as imagens capturadas por um veículo aéreo não tripulado, determinando após o processamento dos dados a capacidade de este estratificar e atribuir classes para o NDVI, comparando os valores deste com as diferentes doses de N aplicadas a diferentes cultivares de trigo e a produtividade obtida em um experimento instalado no Campus II da URI Erechim.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi realizado em uma área experimental localizadada no Campus II da URI Erechim na região Norte do estado do Rio Grande do Sul, situada entre as coordenadas 27°36’30”S a 27°36’57.1” S e 52°13’30”W a 52°14’6.5”W. O experimento constitui-se de noventa e seis parcelas de trigo de 2,5 m x 5 m, representando uma área de 12,5 m² por parcela, contendo no total oito cultivares de trigo e com aplicação de quatro doses de adubação nitrogenada em cobertura, com três repetições, utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso. As cultivares utilizadas foram: Energia, Sinuelo, Sossego, Iguaçu, Sintonia, Toruk, Audaz e Sonic.

A semeadura da cultura foi realizada no dia 27/06/2017. O espaçamento entrelinhas foi de 22,5 centímetros e a dose de semente utilizadas foi de 120 kg ha$^{-1}$. A fórmula da adubação utilizada da linha de semeadura foi a 5-20-20 (NPK), na dose de 250 kg ha$^{-1}$. Em cada faixa contendo as cultivares foram aplicadas quatro doses de ureia em cobertura (0, 150, 200 e 250 kg ha$^{-1}$ de ureia). A ureia utilizada para adubação suplementar no experimento possuía 45 % de N e foi distribuída em uma aplicação no estádio de perfilhamento da cultura, totalizando a dose final em cobertura de 0 kg ha$^{-1}$, 67,5 kg ha$^{-1}$, 90 kg ha$^{-1}$ e 112,5 kg ha$^{-1}$.

A escolha destas doses de N foi estabelecida para a formação de um potencial de disponibilidade de N crescente para a cultura do trigo, enquadrando assim a dose de referência de 90 kg ha$^{-1}$ baseada na recomendação da CQFFS – RS/SC (2014), baseada na cultura antecessora (soja), no teor de MOS (3,6%) e na expectativa de produtividade de 5400 kg ha$^{-1}$ (90 sacos ha$^{-1}$). Os demais tratos culturais foram realizados conforme a necessidade, de forma semelhante as adotas pelos demais produtores rurais da região e padrão a todas as parcelas.

Durante os 137 dias de desenvolvimento da cultura houve uma precipitação acumulada de 632 mm (Fig. 1), com precipitações distribuídas ao longo do período, apresentando déficit hídrico no início do desenvolvimento da cultura, e precipitações de elevado volume logo após a aplicação do fertilizante nitrogenado.

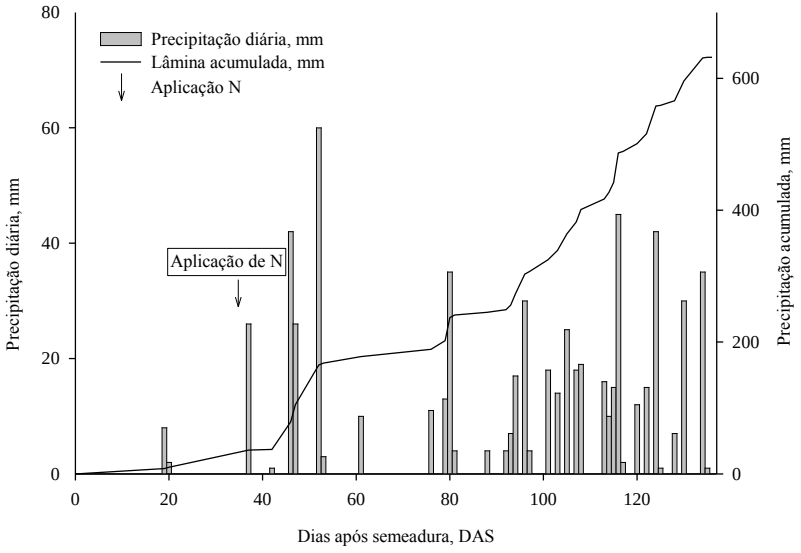



Figura 1. Precipitação diária e acumulada durante o ciclo de cultivo do trigo na safra 2017.

Para a obtenção das imagens aéreas o modelo do drone utilizado para a tomada das fotos foi o Phanton 3. As fotografias coloridas coletadas em formato RGB e nas bandas do infravermelho e vermelho. A altitude de voo do equipamento foi de 200 metros e a resolução espacial final do modelo após a georreferencia do mosaico fotográfico foi de 2,5 centímetros, com a tomada das fotografias aéreas, as mesmas foram submetidas a mosaicagem automática que gera via aplicativo o mosaico em RGB e a imagem do NDVI, próximas ao estádio de espigamento da cultura do trigo, no dia 09/09/2017, época em que o trigo apresentava a maior quantidade de biomassa verde para sensibilização do sensor utilizado a bordo do Drone Phanton 3.

Com as fotos capturadas gerou-se o mosaico de ortofotos, que nada mais é que junção de diversas fotos capturadas e georreferenciadas onde minimiza-se deslocamentos e inclinações devido ao relevo. O mosaico em formato RGB e infravermelho/vermelho foi submetido a importação em formato .geotiff/tfw, que traz embutido arquivo contendo o sistema de coordenadas, permitindo a importação. O mesmo foi reamostrado por importação para o sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 22 Sul e o datum WGS84.

O banco de dados estruturado em .xls (Excel), conteve o código ID da parcela, a dose de ureia, a dose de N, o índice de NDVI e a respectiva produtividade de cada parcela, e posteriormente importado para o sistema de informação geográfica (SIG) no programa MapInfo com a possibilidade de geração dos mapas temáticos da área.

A colheita ocorreu no dia 12/11/2017, coletando-se as plantas em dois metros lineares das quatro linhas centrais das parcelas, gerando uma área colhida de 1,8 m². Após a retirada do material do campo, houve a debulha e a limpeza manual do trigo, pesou-se a produção de trigo e determinou-se o Ph da cultura com medidor de Ph automático de umidade GAC 2100, e corrigiu-se a umidade para 13% e determinou-se a produtividade.

Utilizando-se o software IDRISI, foi gerado os (a) Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI (Rouse et al., 1973). Os índices NDVI podem ser correlacionados com as taxas fotossintéticas. Isso é explicado pelo fato de que, quanto maior for a atividade fotossintética, maiores serão as feições de absorção nas faixas do vermelho (Baptista, 2004).

Para a categorização do NDVI foram determinadas 5 classes em um intervalo variando de -1 a +1. Valores (negativos) representam as áreas Não Fotossinteticamente Ativas (NFA), enquanto os valores (positivos) estão relacionados às áreas com maiores quantidades de biomassa Fotossinteticamente Ativa (VFA). Assim, foram categorizadas as seguintes classes (-1 ---| 0; -para as áreas NFA e 0 ---| 0,2; 0,2 ---| 0,4; 0,4 ---| 0,6; 0,6 ---| 0,7) para as áreas de VFA.

Classe 1: -0.4 ----|0 (NFA)
Classe 2: 0.0 ----|0.2 (VFA)
Classe 2: 0.2 ----|0.4 (VFA)
Classe 3: 0.4 ----|0.6 (VFA)
Classe 4: 0.6 ----|0.7 (VFA)

Os dados de produtividade e NDVI foram medidos em campo e laboratório, tabulados em planilhas eletrônicas, submetidos a conferência quanto normalidade e posteriormente submetidos a análise estatística. Para avaliar as diferenças entre os tratamentos de adubação e a produtividade e NDVI, foi realizado um teste estatístico uma ANOVA one-way, seguida de Teste de Tukey ($p<0,005$). Os dados que não obtiveram a normalidade foram normalizados por meio de transformação logarítmica ([log+1]).

Para verificar a relação entre a adubação e o NDVI foi utilizado a correlação linear de Pearson. As análises foram realizadas no ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013) usando funções do pacote "vegan" (Oksanen et al., 2013).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os comportamentos espectrais das cultivares de trigo sobre a influência das diferentes doses de adubação nitrogenada foram semelhantes, iniciando em NDVI 0,300 e aumentando conforme o aumento da dose de N, ficando o maior NDVI observado abaixo de 0,700 (Figura 2).

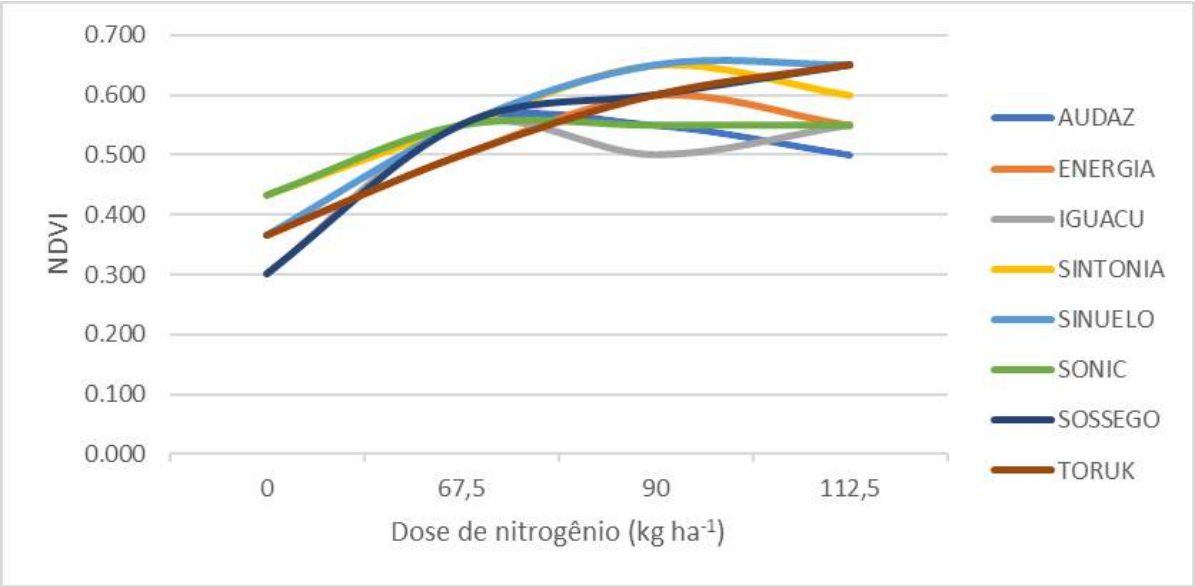



Figura 2. NDVI obtido para as cultivares de trigo em resposta a fertilização nitrogenada na safra 2017

Para a análise da relação entre o índice de NDVI obtido e a adubação aplicada utilizou-se a correlação linear de Pearson, o qual mensura a correlação linear entre duas variáveis. O coeficiente de Person é um índice adimensional, admitindo -1 para correlações negativas perfeitas e 1 para correlações perfeitas positivas (Fonseca, 1980). As análises foram realizadas no software estatístico R (R CORE TEAM, 2013), obtendo o valor de 0,755 indicando forte correlação entre os dados de NDVI e adubação nitrogenada (N).

Com a aplicação de doses de adubação nitrogenada ocorre um aumento na concentração de clorofila nas folhas das culturas, resultando em aumento da biomassa e por consequência da atividade fotossintética (Serrano et al., 2000), permitindo a aplicação de correlações entre índices espectrais, como o NDVI por exemplo, e o acúmulo de biomassa das culturas a fim de predizer a condição nutricional ou seu estádio de desenvolvimento (Liu, 2006).

De acordo com Calderini et al. (1997) o aumento da produtividade de trigo pode ser alcançado através do aumento na produção de biomassa. Observou-se através do teste estatístico de significância (Teste t), com posterior aplicação de Teste de Tukey ($p<0,05$) que apenas o tratamento testemunha (sem adubação) obteve diferença estatística em relação aos demais tratamentos relativos a adubação nitrogenada. Para as doses de N 67,5 kg ha$^{-1}$ 90 kg ha$^{-1}$ e 112,5 kg ha$^{-1}$, não houve diferença significativa, o que pode ser observado na Figura 3a.

A análise de correlação de Person entre dados de NDVI e de produtividade foi de -0,0065232, representando uma relação muito baixa entre os valores obtidos de produtividade e as classes de NDVI. Ao se avaliar estatisticamente a relação da adubação nitrogenada (doses de N em kg ha$^{-1}$) e a produtividade obtida, não obteve-se diferenças significativas entre os tratamentos conforme pode ser observado na figura 3B.

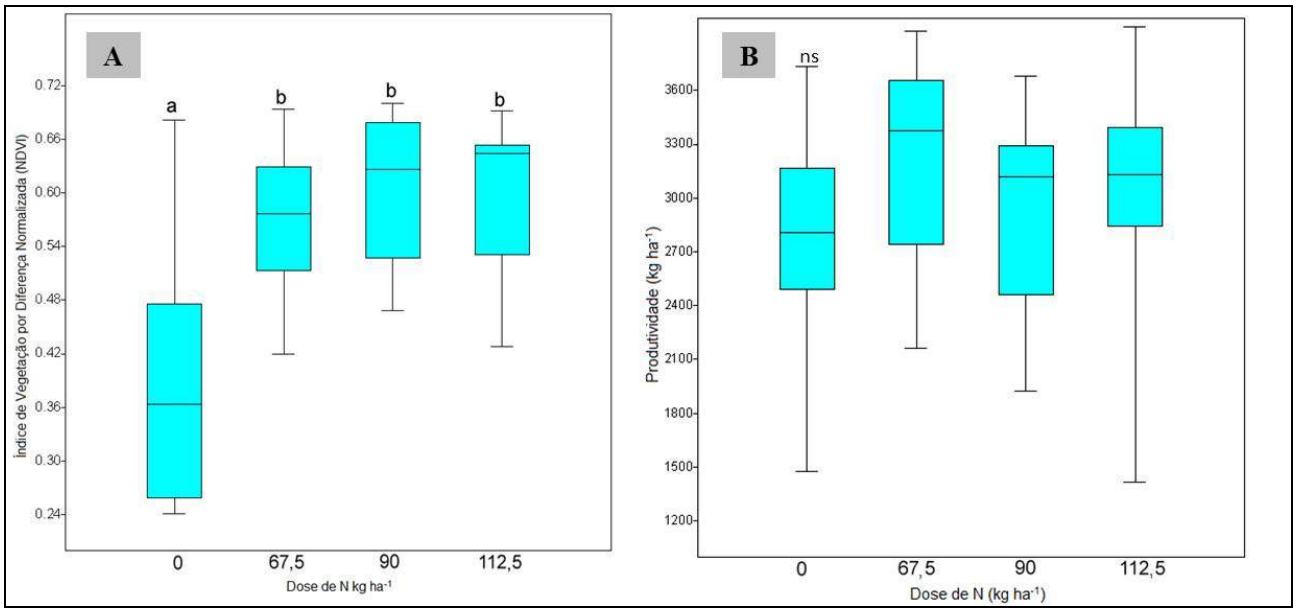



Figura 3. Relação das doses de N e NDVI (A) e relação das doses de N e produtividade (B) da cultura do trigo na safra 2017.

A análise de correlação de Person entre dados de adubação e de produtividade foi de 0,16043, representando uma relação muito baixa entre os valores obtidos, da mesma forma influencia os resultados da correlação de NDVI e produtividade. Estando correlacionados com as baixas produtividades obtidas pela influência climática.

Os resultados obtidos com baixa relação entre a adubação nitrogenada com a produtividade de trigo podem ser justificados pelo ano agrícola não ter sido favorável aos cultivos de trigo, especialmente na região do Alto Uruguai onde a produtividade média para a safra 2017 foi inferior a média estadual de 1826 kg $ha^{-1}$ (Conab, 2018). Aliado a isto verificou-se a incidência de estiagem no início do desenvolvimento da cultura, seguido de precipitações de elevado volume de 158 mm em 15 dias logo após a aplicação da ureia (Fig. 1), o que pode ter favorecido perdas por lixiviação do fertilizante nitrogenado.

## 4. CONCLUSÃO

Através do modelo proposto observou-se correlação relativamente entre a adubação nitrogenada e o NDVI do trigo. O uso de imagens espectrais, advindas do VANT, podem servir como base para a determinação da dose de adubação nitrogenada a taxa variada, e para o acompanhamento do desenvolvimento da biomassa da cultura do trigo.

O NDVI não se correlacionou com a produtividade de trigo obtida devido a baixa produtividade alcançada no ano agrícola e associado as interferências climáticas, que podem ser observadas nos dados de precipitação obtidos para a área em estudo.

A produtividade da área em estudo e da região Alto Uruguai Gaúcho sofreu alterações devido aos fatores climáticos, principalmente ausência de chuvas no período de espigamento e enchimento dos grãos de trigo, sendo em um primeiro momento positivo para a biomassa e negativo em relação a produtividade pelo não aproveitamento adequado da adubação aplicada as parcelas analisadas.

## 5. REFERÊNCIAS

Baptista, G.M.M., 2004. Mapeamento do sequestro de carbono e de domos urbanos de $CO_2$ em ambientes tropicais, por meio de sensoriamento remoto hiperespectral**.** *Geografia.* v.29, n.2, p.189-202.

Calderini, D.F., Dreccer, M.F. e Slafer, G.A., 1997. Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat. *Field Crops Research,* Amsterdam, v.52, n.3, p.271-281.

CQFS – RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. *Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre. 400p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2017. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 5, safra 2017/18- N. 2 - Segundo levantamento. 12 dez. 2017. <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2018. Levantamento da safra de grãos. 23 abr. 2018. <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10>.

Evans, L.T. e Fischer, R.A., 1999. Yield potential: its definition, measurement, and significance. *Crop Science*, Madison, v.39, p.1.544-1.551.

FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2017. *Faostat.* 23 jan. 2018. <http://www.sna.agr.br/graos-fao-producao-na-safra-global-2017-18-deve-aumentar-13-para-2-646-bilhoes-de-toneladas>.

Fonseca, J. S. e Martins, G. de A., 1980. *Curso de Estatística.* São Paulo: Editora Atlas S. A.

Kluthcouski, J., Aidar, H., Thung, M. e Oliveira, F.R.A., 2006. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. *Informações Agronômicas no 113*, Encarte Técnico, Potafós, 24p.

Liu, W.T.H., 2006. *Aplicações de sensoriamento remoto.* Campo Grande: UNIDERP, 2ª edição, p. 1-102.

Neto, M.S., 2016. Agricultura de precisão com drones. 24 mai. 2018. <http://blog.droneng.com.br/agricultura-de-precisao-com-drones/>.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H. e Wagner, H., 2013. Vegan**:** Community Ecology Packag. R package version 1.17-5. 23 mai. 2017. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

R CORE TEAM, 2013. R: A language and environment for statistical computing**.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 24 mai. 2018. <http://www.R-project.org/Andgt>.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. e Deering, D.W., 1973. *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, p.309-317.

Schadchina, T.M. e Dmitrieva, V.V., 1995. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. *J Plant Nutr*. v.18, n. 7, p.1427–1437.

Schepers, L., Haest, B., Veraverbeke, S., Spanhove, T., Borre, J.V. e Goossens, R., 2014. Burned Area Detection and Burn Severity Assessment of a Heathland Fire in Belgium Using Airborne Imaging Spectroscopy (APEX). *Remote Sens.*, v. 6, p. 1803-1826.

Serrano, L., Filella, I. e Penuelas, J., 2000. Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. *Crop Science*, Madison, v.40, n.3, p.723-731.

Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beston, J.D. e Haulin, J.L., 1993. Soil fertility and fertilizer. New York, Macmillam. p.634.

Zagonel, J., Venacio, W.S., Kun, R.P. e Tanamati, H., 2002. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. Ciência Rural. Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29.

## 6. NOTA RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM DIFERENTES CULTIVARES DE TRIGO NA SAFRA 2017

**Ricardo Santolin**
**Jardes Bragagnolo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
ricardostln@hotmail.com; jardesb@yahoo.com.br

**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
rocha@uricer.edu.br

**Antonio Sergio do Amaral**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
asamaral@uricer.edu.br

**Amito José Teixeira**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
amito@uricer.edu.br

**Luam José Bampi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
luamjbampi@hotmail.com

**Jakson Alexandre May**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
jaksonmay@hotmail.com

**Vanderlei Carlos Veigel**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
vandeveigel@hotmail.com

**Maicon Augusto Lussani**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
maicon.5@hotmail.com

**Lucas Piran Pascuetti**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
lpiran.tricolor22@mail.com

*Resumo: A adubação nitrogenada em trigo tem se tornado cada vez mais importante para cultura uma vez que cultivares mais modernas são mais produtivas e mais responsivas a adubação, influenciando também a qualidade dos grãos. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de nitrogênio no estádio de perfilhamento sobre a produtividade e o peso hectolitro de diferentes cultivares de trigo, sendo utilizadas as seguintes cultivares: TBIO Sonic, Audaz, Toruk, Sintonia, Iguaçu, Sossego, Sinuelo. O experimento foi realizado em Erechim-RS, com delineamento experimental de blocos ao acaso, com 7 cultivares de trigo, quatro doses de ureia e três repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas diferentes quantidades de aplicação de ureia para as diferentes cultivares, sendo: T1 – Testemunha (sem N na cobertura), T2 - Base + 150 kg ha$^{-1}$ de ureia, T3 – Base + 200 kg ha$^{-1}$ de ureia, e T4 – Base + 250 kg ha$^{-1}$ de ureia. Foi realizada análise de variância e aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Não foi observada interferência da aplicação de diferentes doses de N sobre as diferentes cultivares de trigo quanto a produtividade, produzindo efeito apenas sobre o peso hectolitro (Ph) para cultivar Sossego.*

***Palavras-chave:*** *cereais de inverno, nitrogênio, produtividade*

## 1.r INTRODUÇÃO

O trigo é uma gramínea anual amplamente cultivada em todo mundo, com significativo peso na economia global. Atualmente, ocupa a segunda posição no cultivo entre os cereais, perdendo apenas para o milho. No Brasil, é cultivado nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, destacando-se a Região Sul como responsável por 67,3% da produção nacional (Conab, 2017). Foram cultivados na safra 2017 no Brasil aproximadamente 1,9 milhões de hectares e com produtividade de 2225 kg $ha^{-1}$ e produção total estimada em 4,2 milhões de toneladas (Conab, 2018). O consumo *per capita* de trigo no Brasil está em torno de 60 kg por ano, o que demonstra a importância deste cereal, não só para a economia do País, mas também como importante fonte de alimento para a população (Camponogara et al., 2016).

O melhoramento genético, associado às modernas práticas culturais, tem propiciado importantes avanços à cultura do trigo no Brasil. A obtenção de cultivares com características agronômicas de interesse que resultem em maior estabilidade e adaptabilidade às diferentes condições de cultivo tem resultado em significativos incrementos na produção de grãos. Por outro lado, com a melhoria da qualidade genética da espécie, surgiram necessidades de um manejo mais criterioso para a cultura e, dentre outras práticas, pode-se citar a reformulação no manejo da adubação nitrogenada de cobertura como um dos principais responsáveis, juntamente com a genética, pelo aumento da produção de trigo no Brasil (Biudes e Camargo, 2009).

O manejo de adubações nitrogenadas é um dos mais complexos, devido a fatores relacionados ao custo dos fertilizantes nitrogenados decorrente de problemas na eficiência de algumas fontes (Menezes, 2004), e ao potencial poluente desse elemento, tanto para as águas superficiais quanto subterrâneas. Esse nutriente se caracteriza por possuir um dos maiores índices de perdas, as quais podem ocorrer por lixiviação, escorrimento superficial, erosão, volatilização de amônia e desnitrificação. O maior ou menor índice de perda pode ser contornado pela forma de aplicação, manejo e fonte do nutriente a ser utilizada (Queiroz et al., 2011).

A forma de aplicação do N pode influenciar o seu aproveitamento pelas plantas. A aplicação de ureia a lanço sobre o solo forma comumente usada pelos produtores devido à maior facilidade de aplicação e ao rendimento operacional, pode resultar em grandes perdas de N, por volatilização de amônia (Cantarella, 1993). Pode ocorrer, também, maior imobilização do N mineral pelos microrganismos quimiorganotróficos, para a decomposição dos resíduos vegetais presentes no solo (Silva et al., 2001). Desta forma é imprescindível avaliar a resposta que as diferentes cultivares de trigo sob diferentes doses de N aplicadas durante o desenvolvimento da cultura, quanto a produtividade e Ph do trigo.

## 2.r MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, município de Erechim, RS, com coordenadas centrais de 52°13'56.1"W e 27°36'44.9"S com altitude aproximada de 780 metros.

O tipo de solo no local do experimento é Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (Embrapa, 2013), e o clima típico subtropical úmido, considerado de fertilidade adequada para o cultivo do trigo (Tab. 1). O período do experimento, semeadura à colheita, ocorreu do dia 27 de junho de 2017 até 09 de novembro de 2017, durante a safra agrícola 2017/2018 com duração de 137 dias e com precipitação acumulada de 632 mm (Fig. 1), apresentando curtos períodos de estiagem, principalmente no início do desenvolvimento da cultura.

Tabela 1- Resultado da análise de fertilidade do solo, antes da implantação do experimento em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico.

| Argila | pH[1] | SMP[2] | MOS[3] | P[4] | K[4] | Ca[5] | Mg[5] | Al[5] | H+Al |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % | 1:1 | | m/v % | mg | $dm^{-3}$ | ---------- $cmol_c$ $dm^{-3}$ ---------- | | | |
| 59,0 | 5,9 | 6,1 | 3,2 | 6,6 | 247 | 8,0 | 3,8 | 0,0 | 3,9 |

[1]pH em Água, [2]Índice SMP, [3]Matéria Orgânica do Solo, [4]Fósforo e Potássio (Mehlich-I), [5]Cálcio, Magnésio e Alumínio trocáveis (KCl 1M).

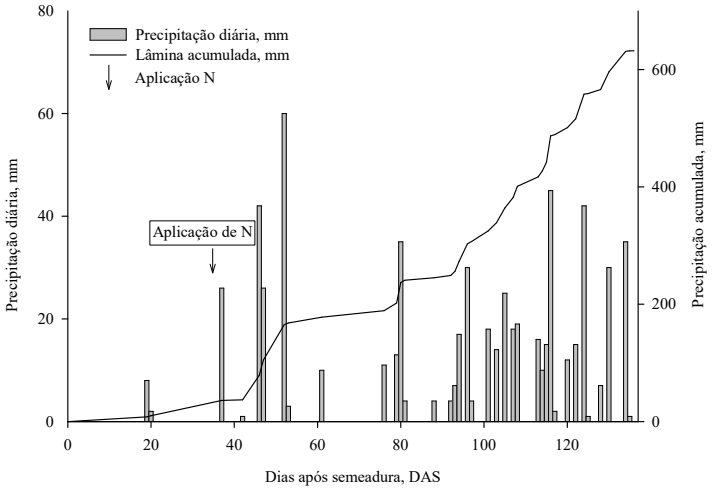



Figura 1- Precipitação diária e acumulada durante o ciclo de cultivo do trigo na safra 2017.

A área do experimento foi dessecada duas semanas antes da implantação do experimento com o herbicida Paraquat + Diuron na dose de 3 L ha$^{-1}$, sendo a cultura anterior soja. O delineamento utilizado foi de blocos inteiramente casualizados com dimensões de 2,5 m de largura por 5 m de comprimento totalizando 12,5 m$^2$ cada parcela. Foram utilizadas sete variedades de trigo com quatro doses de ureia em cobertura no estádio de perfilhamento e três repetições, sendo as doses de (0, 150, 200 e 250 kg ha$^{-1}$ de ureia), totalizando 84 unidades experimentais. As cultivares utilizadas foram TBIO Audaz, TBIO Iguaçu, TBIO Sinuelo, TBIO Sintonia, TBIO Sossego, TBIO Sonic e TBIO Toruk. As sementes foram cedidas pela BioTrigo Genética sendo estas as variedades mais cultivadas na região.

As doses de ureia foram determinadas seguindo-se uma metodologia de aumento de disponibilidade de N crescente, enquadrando-se a dose referência preconizada pela recomendação da CQFS-RS/SC (2004) em que a quantidade de N a ser aplicada varia conforme o teor de matéria orgânica do solo, determinado pela análise do solo e pela cultura antecessora (soja), assim, a necessidade de N é de 40 kg ha$^{-1}$ considerando-se expectativas de rendimento de duas toneladas ha$^{-1}$. E como a expectativa de produtividade foi de 5,4 toneladas ha$^{-1}$, o recomendado é acrescentar 20 kg ha$^{-1}$ de N, por tonelada de grãos a mais a ser produzidos, sendo a dose referência de aproximadamente 90 kg ha$^{-1}$ de N no total.

A semeadura do trigo foi realizada no dia 27 de junho de 2017, com densidade de 120 kg ha$^{-1}$ e utilizando 270 kg ha$^{-1}$ de adubo com a formulação NPK 5-20-20. As sementes foram tratadas com o fungicida e inseticida Standak Top (Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilíco) na dose de 75 mL para 100 kg de sementes.

As pulverizações dos defensivos agrícolas para proteção da parte aérea da cultura foram realizadas com pulverizador costal modelo Jacto SP 20 com uma barra de quatro bicos espaçados por 0,5 metros, com pontas de pulverização do tipo leque KFAD 110 0.2 à pressão de 350 kPa. O volume de calda utilizado foi de 200 L ha$^{-1}$. No estádio de início de perfilhamento foi aplicado Hussar (iodosulfurom-metílico) na dose de 100 g ha$^{-1}$ + 250 mL ha$^{-1}$ de adjuvante Aureo (Éster metílico de óleo de soja) para todo experimento. Logo após foi realizada a aplicação de ureia a lanço conforme os tratamentos.

Quando o trigo encontrava-se em estádio de início de elongação realizou-se a aplicação de redutor de crescimento Moddus (trinexapaque-etílico) na dose de 0,4 L ha$^{-1}$, após foram efetuadas duas aplicações de inseticida Eforia (tiametoxam+lambda cialotrina) na dose de 150 mL ha$^{-1}$ e 250 mL ha$^{-1}$ de Aureo, uma no início do estádio de elongação e a segunda aplicação após o intervalo de quinze dias visando o controle de pulgão. Posteriormente foram realizadas duas aplicações de fungicida Fox (trifloxistrobina + protioconazol) na dose de 0,5 L ha$^{-1}$ + Unizeb Gold (mancozebe) na dose de 3,0 kg ha$^{-1}$, e como complemento novamente 250 mL ha$^{-1}$ do adjuvante Aureo com intervalo de quinze dias. E para finalizar os tratos culturais, foi realizada a aplicação do inseticida Connect (imidacloprido+beta-ciflutrina) na dose de 600 mL ha$^{-1}$, fungicida Tilt (propiconazol) na dose de 750 mL + o adjuvante Aureo na dose de 250 mL ha$^{-1}$.

A colheita foi realizada manualmente cortando as plantas sendo posteriormente realizada a debulha em uma trilhadora e efetuada a limpeza da massa de grãos, para ser possível fazer a pesagem, determinação de umidade e PH em um medidor de umidade eletrônico, corrigindo-se a produtividade para 13 % de umidade de grãos. Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey 5% de probabilidade de erro, por meio do programa estatístico SigmaPlot 11.0.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos fatores estudados (cultivar e dose de N) não apresentou diferença significativa de produtividade entre os tratamentos analisados (Tab. 2), em parte justificado pelo ano agrícola não ter sido favorável aos cultivos de trigo, especialmente na região do Alto Uruguai onde a produtividade média para a safra 2017 foi de 1727 kg ha$^{-1}$, representando uma queda de 47% em comparação ao ano anterior segundo a (Emater, 2017). Aliado a isto verificou-se a incidência de estiagem no início do desenvolvimento da cultura, seguido de precipitações de elevado volume de 158 mm em 15 dias logo após a aplicação da ureia (Fig. 2), o que pode ter favorecido perdas por lixiviação do fertilizante nitrogenado.

A produtividade média obtida no experimento foi de 3002,8 kg ha$^{-1}$ o que representa uma produtividade 64,5% maior do que a média estadual para a safra 2017 de 1826 kg ha$^{-1}$ (Conab, 2018), refletindo o baixo desempenho da cultura do trigo nesta safra quando comparado com a safra 2016 que apresentou produtividade média de 3214 kg ha$^{-1}$ (Conab, 2017). Nem mesmo a aplicação de N produziu efeito sobre a produtividade de trigo independente da variedade testada (Tab 2).

Tabela 2. Análise de variância dos dados de produtividade do trigo avaliando-se diferentes cultivares e doses de N.

| FV[1] | GL[2] | SQ[3] | QM[4] | Fc[5] | Pr>Fc[6] |
|---|---|---|---|---|---|
| Cultivar | 6 | 365186,616024 | 608597,769337 | 1,985 | 0,0832 |
| Dose N | 3 | 1767189,606038 | 589063,202013 | 1,921 | 0,1366 |
| Cultivar*Dose N | 18 | 3407344,831262 | 189296,935070 | 0,617 | 0,8707 |
| Erro | 56 | 17169630,327600 | 306600,541564 | - | - |
| Total Corrigido | 83 | 25995751,380924 | - | - | - |
| CV (%) | 18,4 | - | - | - | - |
| Média Geral | 3002,8 | - | - | - | - |

[1]Fonte de variação; [2]Graus de liberdade; [3]Soma de quadrados; [4]Quadrado médio; [5]Estatítica F; [6]Valor P.

A cultivar que apresentou desempenho numérico superior foi a cultivar TBIO Toruk com 3314 kg ha$^{-1}$, não diferindo estatisticamente da cultivar com a menor produtividade obtida de 2790 kg ha$^{-1}$ (Tab. 3).

Tabela 3. Produtividade de diferentes cultivares de trigo em função da dose de N aplicadas em cobertura.

| Cultivar | Dose de ureia em cobertura | | | | Produtividade Média (kg ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 kg ha$^{-1}$ | 150 kg ha$^{-1}$ | 200 kg ha$^{-1}$ | 250 kg ha$^{-1}$ | |
| TBIO Sonic | 2400,3$^{ns}$ | 2986,4$^{ns}$ | 3180,3$^{ns}$ | 2653,1$^{ns}$ | 2805,1$^{ns}$ |
| TBIO Audaz | 2690,3 | 3012,4 | 2959,8 | 3386,1 | 3012,1 |
| TBIO Toruk | 3279,1 | 3599,9 | 3004,8 | 3372,3 | 3314,0 |
| TBIO Sintonia | 2767,8 | 2737,8 | 2884,6 | 2699,5 | 2772,4 |
| TBIO Iguaçu | 3172,6 | 3366,1 | 3332,3 | 3169,5 | 3260,1 |
| TBIO Sossego | 2754,8 | 3072,9 | 2552,6 | 2781,8 | 2790,5 |
| TBIO Sinuelo | 2348,9 | 3452,9 | 3350,9 | 3108,4 | 3065,3 |
| Média (kg ha$^{-1}$) | 2773,4 | 3175,5 | 3037,9 | 3024,4 | 3002,8 |

$^{ns}$= não significativo na linha e na coluna para o teste de Tukey com probabilidade de erro de 5%.

Da mesma forma, não obteve-se diferença estatística entre doses e cultivares para a variável Ph do trigo. Sendo que o Ph médio foi de 73,1 para o experiment (Tab. 4), inferior ao Ph referência para a comercialização do trigo para fabricação de farinha de Ph 78,0 (Embrapa, 2009).

Tabela 4. Análise de variância dos dados de Ph do trigo avaliando-se diferentes cultivares e doses de N.

| FV[1] | GL[2] | SQ[3] | QM[4] | Fc[5] | Pr>Fc[6] |
|---|---|---|---|---|---|
| Cultivar | 6 | 110,151429 | 16,91905 | 2,006 | 0,0801 |
| Dose N | 3 | 218,507143 | 6,169048 | 0,741 | 0,5319 |
| Cultivar* Dose N | 18 | 145,729524 | 8,09085 | 0,793 | 0,5020 |
| Erro | 56 | 465,993333 | 8,321310 | - | - |
| Total Corrigido | 83 | 730,381429 | - | - | - |
| CV (%) | 3,95 | - | - | - | - |
| Média Geral | 73,1 | - | - | - | - |

[1]Fonte de variação; [2]Graus de liberdade; [3]Soma de quadrados; [4]Quadrado médio; [5]Estatítica F; [6]Valor P.

A aplicação de N não apresentou efeito sobre o Ph do trigo independente da cultivar testada (Tab. 5). Contudo, a cultivar que apresentou desempenho numérico superior foi a cultivar TBIO Audaz com Ph de 74,6, não diferindo estatisticamente da cultivar TBIO Sonic com o menor Ph obtido de 71,2. O maior valor de Ph obtido foi para a cultivar TBIO Sossego com Ph 76,3 para a dose 0 kg $ha^{-1}$ de ureia em cobertura enquanto que a cultivar TBIO Sonic com a dose 200 kg $ha^{-1}$ de ureia em cobertura obteve o menor valor de Ph de 68,3, não diferindo estatisticamente entre si.

Tabela 5. Peso hectolitro (Ph) de diferentes cultivares de trigo em função da dose de ureia na safra 2017.

| Cultivar | Dose de ureia em cobertura | | | | Ph Médio |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 kg $ha^{-1}$ | 150 kg $ha^{-1}$ | 200 kg $ha^{-1}$ | 250 kg $ha^{-1}$ | |
| TBIO Sonic | $72,0^{ns}$ | 72,7 | 68,3 | 71,7 | $71,2^{ns}$ |
| TBIO Audaz | 74,3 | 74,0 | 74,7 | 75,3 | 74,6 |
| TBIO Toruk | 74,7 | 73,7 | 73,0 | 74,3 | 73,9 |
| TBIO Sintonia | 72,0 | 72,0 | 76,0 | 73,7 | 73,4 |
| TBIO Iguaçu | 72,7 | 74,0 | 72,0 | 73,3 | 73,0 |
| TBIO Sossego | 76,3 | 69,3 | 72,3 | 74,7 | 73,2 |
| TBIO Sinuelo | 72,7 | 72,7 | 70,7 | 71,7 | 71,9 |
| PH Médio | 73,5 | 72,6 | 72,4 | 73,5 | 73,1 |

$^{ns}$= não significativo para o teste de tukey com probabilidade de erro de 5% entre as cultivares avaliadas. Letras diferentes na linha indicam diferença entre as doses testadas para a cultivar TBIO Sossego. Ph= peso hectolitro.

Trindade et al. (2006), afirma que obteve resultados de Ph com menor valor médio conforme o aumento de doses de N, justificando ser em razão da maior competição entre os grãos por fotoassimilados, uma vez que aumentando a quantidade de N aumenta a quantidade de grãos por unidade de área.

Cavalcante et al. (2016), observou que o peso hectolitro (Ph), aparece com um valor decrescente em função ao aumento da adubação com doses de N, a testemunha com zero de fertilizante se mostra estatisticamente superior aos demais tratamentos com adubação. Outro fator observado a campo foi o resultado de uma antecipação do ciclo da cultura, ocasionando uma maturação precoce, adiantando em até duas semanas em relação aos demais tratamentos.

Os resultados obtidos demonstram que não houve diferença significativa para as condições impostas ao experimento, nas quais as doses de nitrogênio não influenciaram a produtividade e o Ph das cultivares de trigo, sendo necessária mais avaliações para verificar a possibilidade de resposta da cultura a aplicações de fertilizante nitrogenado em cobertura.

## 3.r REFERÊNCIAS

Biudes, G.B. e Camargo, C.E.O., 2009. Genótipos de trigo: características agronômicas em dois locais do estado de São Paulo. *Bragantia,* Campinas. v.68, n.4, p.873-884.

Cantarella, H., 1993. Calagem e adubação do milho. In: Büll, L.T., Cantarella, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade.* Piracicaba: Potafos. p.147-185.

Cavalcante, J.A., Primieri, C., Ribeiro, E.T., Deluca, R. e Silva, W.G.D., 2016. Produtividade do trigo através de diferentes formas de adubação na semeadura e em cobertura. *Revista Cultivando o Saber*, FAG, Edição Especial, p.1-14.

Camponogara, A.S., Oliveira, G.A., Georgin, J. e Rosa, A.L.D., 2016. Avaliação dos componentes de rendimento do trigo quando submetido a diferentes fontes de nitrogênio. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, v.20, n.1, p. 524−532.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2017. Levantamento da safra de grãos. 18 jan.. 2017. <http://www.ampa.com.br/arquivos/conab/09112017060804.pdf>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2018. Levantamento da safra de grãos. 23 abr. 2018. <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10>.

CQFS – RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. *Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre. 400p.

EMBRAPA TRIGO. Qualidade comercial do trigo brasileiro: Safra 2006, 2009. 20 mai. 2016. <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do112_t24. htm>.

EMBRAPA., 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. – 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF : Embrapa. 353 p.

Menezes, M.J.T., 2004. *Eficiência agronômica de fontes nitrogenadas e de associações de fertilizantes no processo de diferimento de Brachiaria brizanta cv. Marandu*. 113p.

Queiroz, A.M., Souza, C.H.E., Machado, V.J., Lana, R.M.Q., Korndorfer, G.H. e Silva, A.A., 2011. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays L.*). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo,* v.10, p.257-266.

Silva, E.C., Silva, S.C., Buzetti, S., Tarsitano, M.A.A. e Lazarini, E., 2001. Análise econômica do estudo de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto em solo de cerrados. In: *Congresso Brasileiro de Administração Rural,* 5., Goiânia, 2001. Anais. Goiânia, ABAR, 2001. CD-ROM.

Trindade, M.D.G., Stone, L.F., Heinemann, A.B., Cánovas, A.D. e Moreira, J.A.A., 2006. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, DEAg/UFGG, v.10, n.1, p.27-28.

## 5. NOTA RESPOSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Arquitetura e Urbanismo: Conforto Ambiental e Eficiência Energética

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS TRADICIONAL EM ALVENARIA E A SECO: INVERNO E VERÃO

**Aline Sartori**
**Cristiano Vitorino da Silva[1]**
**Jakeline Osowski Tomazi[2]**
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
[2]Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
alinesartori_adm@hotmail.com

**Resumo.** *Este trabalho avalia o desempenho térmico de uma residência construída nos sistemas a seco Light Steel Framing (LSF) e modulado em comparação ao sistema em alvenaria convencional. A pesquisa pode ainda vir a incentivar o uso deste tipo de construção em substituição ao método convencional e chamar a atenção para a importância de se prever as condições de conforto térmico. O método utilizado compreende o estudo do desempenho térmico da envoltória (paredes) de uma tipologia residencial, através de simulação computacional utilizando o programa EnergyPlus. No estudo comparativo entre os métodos construtivos duas situações extremas para dias típicos de inverno e verão foram abordadas. Com isso, foi possível verificar a correlação entre desconforto em relação ao período avaliado para estes dois dias para as diferentes propriedades térmicas da envoltória avaliadas, a partir das quais se verificou que a envoltória é determinante no desempenho térmico das edificações, principalmente no caso da construção a seco em relação ao método convencional, destacando-se o Light Steel Framing como melhor opção.*

***Palavras chave:*** *Conforto térmico, Light Steel Framing, EnergyPlus.*

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema construtivo tradicionalmente utilizado no país (Concreto Armado) ainda segue produção artesanal, com grande índice de desperdícios, dificuldade para uniformizar a produção e sem nenhuma preocupação com o conforto térmico, sendo que esta área de conforto térmico praticamente não é abordada nos projetos de construção civil. No entanto, a preocupação com a natureza vem crescendo junto à população e, devido ao crescimento da indústria da construção civil, o setor está se vendo obrigado a desenvolver empreendimentos sustentáveis e que atendam a padrões mais rígidos. Baseado nessa preocupação e buscando outros métodos construtivos que venham a minimizar os efeitos danosos da construção civil, o sistema construtivo a seco, que possui alto grau de industrialização com técnicas sustentáveis e filosofia de racionalização integrada a todas as etapas, começa a chamar a atenção do mercado neste setor, pois além de atender a padronização e a industrialização no processo também pode melhor atender as condições de conforto térmico ambiental. Esse sistema se trata de uma construção leve do ponto de vista de inércia térmica e apresenta alto nível de isolamento ao fluxo de calor.

Voltando a atenção para o Estado do Rio Grande do Sul, RS, que possui as estações do ano bem definidas, com invernos chegando a temperaturas abaixo de zero e verões com temperatura alcançando os 35°C, tendo assim alto consumo de energia para climatizar os ambientes, percebe-se que a construção a seco teria grande potencial de aplicação, visando reduzir esse consumo. Em função deste potencial, o presente trabalho busca comparar o método de construção em concreto armado e paredes de alvenaria com o método construtivo a seco, *Light Steel Framing* (LSF) e modulado, através da utilização do programa computacional *EnergyPlus*, tencionando obter uma avaliação das condições térmicas de um mesmo ambiente construído com estas duas técnicas (seco e alvenaria).

## 2. CONFORTO TÉRMICO

Como já mencionado anteriormente, sabe-se que no Brasil a área de conforto térmico ainda está longe de ser uma prioridade na construção civil. Entretanto, com o grande acesso da população brasileira a sua casa própria, bem como a diminuição dos custos com equipamentos de climatização, e uma demanda cada vez maior no consumo de energia elétrica, a atenção passa a se voltar para o desempenho das edificações em relação ao conforto térmico. Para Dumke (2007) a condição de conforto é obtida mediante o efeito conjugado e simultâneo de um complexo conjunto de fatores objetivos, como os elementos do clima (temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e radiação) e a vestimenta, e outros de caráter subjetivo como aclimatação, forma e volume do corpo, cor, metabolismo etc.. O efeito

conjugado destes parâmetros, quando produz sensações térmicas agradáveis, é denominado zona de conforto e seu estudo é de suma importância para o condicionamento térmico natural das edificações ou Arquitetura Bioclimática.

A importância do estudo do conforto térmico para Lamberts *et al*. (2016) está baseada em 3 fatores: a satisfação do ser humano ou seu bem-estar em se sentir termicamente confortável; a produtividade do ser humano, onde os estudos mostraram uma clara tendência de que o desconforto causado pelo calor ou frio reduz a produtividade, as atividades apresentam melhor resultado quando realizadas em conforto térmico; e a conservação de energia, pois ao conhecer as condições de conforto térmico dos ocupantes em seus ambientes, evitam-se desperdícios com calefação e refrigeração, muitas vezes desnecessários.

## 3. *SOFTWARE ENERGYPLUS*

Segundo Mendes *et al*. (2005), os programas de simulação de desempenho térmico energético poderiam auxiliar muito nos escritórios de engenharia e arquitetura, ajudando na elaboração do projeto do edifício com estratégias passivas, mas que no Brasil estes programas para análises de eficiência energética ainda são pouco difundidos entre os profissionais, não fazendo parte das ferramentas de trabalho na rotina diária dos escritórios.

Visando melhorar o desempenho térmico de edificações, pode-se, através de simulação computacional, avaliar diferentes cenários, sem grandes gastos. Gomes (2007) explica que as simulações com o *software EnergyPlus* (EP) possibilitam grande versatilidade nas avaliações e maior exatidão nos resultados para ambientes condicionados naturalmente.

Em um estudo sobre o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente na cidade de Florianópolis, Sorgato (2009) concluiu que o EP permite a simulação integrada da ventilação natural com a simulação térmica da edificação, a partir da sua geometria e das condições climáticas locais, permitindo, assim, realizar simulações dinâmicas, o que não é possível em outros programas de simulação.

Brito *et al*. (2011) estudaram alternativas de projeto de habitação visando o conforto térmico do usuário tendo como objeto de estudo um sobrado não climatizado ainda em fase de projeto. O uso do EP teve o intuito de determinar os valores horários da temperatura do ar e das temperaturas superficiais que interferem no conforto térmico do usuário no interior dos recintos. Os autores concluíram que o uso do software foi fundamental para a comparação entre as soluções de projeto e a escolha do sistema construtivo mais adequado do ponto de vista do conforto térmico do usuário.

## 4. DESEMPENHO TÉRMICO

Na análise de desempenho térmico, duas propriedades devem ser observadas em relação aos materiais e elementos construtivos. O fluxo de calor, que se dá através de:

$$q'' = U \times \Delta T \tag{1}$$

onde $U$ é o coeficiente global de transferência de calor [W/m².K], $\Delta T$ é a diferença de temperatura entre o meio externo e interno [K], $q''$ é o fluxo de calor [W/m²]; e a capacidade térmica, que define a quantidade de calor que um corpo precisa receber para alterar sua temperatura, aqui representada pelo produto da espessura da camada de vedação, pelo seu calor específico e pela sua massa específica aparente, pode ser determinada por

$$C_T = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \times R_i \times c_i \times \rho_i = \sum_{i=1}^{n} e_i \times c_i \times \rho_i \tag{2}$$

onde $\lambda_i$, $R_i$, $e_i$, $c_i$ e $\rho_i$ são, respectivamente, a condutividade térmica, a resistência térmica, a espessura, o calor específico e a densidade de massa aparente do material da camada $i$.

Conforme o projeto 02:135.07-001/2 da ABNT denomina-se “seção” a parte de um componente e toda sua espessura, ou seja, de uma face a outra e que contenha apenas resistência térmica em série. Já a “camada” é denominada como uma parte de um componente tomada paralelamente às suas faces com espessura constante.

$$R = \frac{e}{\lambda} \tag{3}$$

onde $R$ é a resistência térmica de um componente, $e$ é a espessura da camada e $\lambda$ é a condutividade térmica do material.

Os valores recomendados de condutividade térmica dos materiais de uso corrente neste estudo foram retirados da NBR 15.220 de Projeto 02:135.07-002:2004.

## 5. ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO

A norma de Desempenho Térmico de Edificações NBR-15220-3 (ABNT, 2005) estabeleceu uma subdivisão das condições climáticas brasileiras para projeto em 8 zonas bioclimáticas, definidas de acordo com o clima e com as necessidades humanas de conforto. Para cada zona, são relacionadas às estratégias e consideradas adequadas para adoção nas edificações. Nesta pesquisa adota-se a cidade de Erechim e sua zona bioclimática é a número 2, a qual se caracteriza por ser um clima subtropical úmido. Os meses que registram as maiores temperaturas na cidade são janeiro, fevereiro e dezembro, com média de 28°C; e os que registram as menores são junho e julho, com média de 8°C. Erechim sofre variações de temperatura na troca das quatro estações, mas nunca se registrou frio ou calor demasiado. A

precipitação de neve não é rara, pois já ocorreu nos anos de 1918, 1942, 1956, 1957, 1965, 1990, 2001, conforme citado pela Prefeitura Municipal de Erechim em seu site oficial.

## 6. SISTEMAS CONSTRUTIVOS

O sistema *Light Steel Frame*, LSF, utiliza o conceito de cargas distribuídas, onde os esforços gerados pelas edificações são distribuídos por toda estrutura (perfis). Essa estrutura é composta por perfis leves de aço galvanizado denominados de montantes e guias que formam os painéis autoportantes das paredes e estrutura de telhado, constituindo no final um conjunto monolítico leve e resistente. A Figura 1-a mostra como se distribui as camadas da parede externa.

(a) (b) (c)

Figura 1. (a) Fechamento no sistema *Light Steel Frame*. Fonte FASTCON CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2017*;* (b) Estruturas e fechamento do sistema modulado. Fonte: MMLT, 2017; (c) Fechamento no sistema em alvenaria convencional. Fonte: ADAPTADO AUTOR, 2017

As características dos materiais utilizados na composição do fechamento são apresentadas na Tabela 1, dados específicos para o cálculo da transmitância térmica.

| Material | Espessura [mm] | Densidade (ρ) [Kg/m³] | Condutividade (λ) [W/m.k] | Calor Especifico (c) [Kj/Kg.k] | Emissividade (ε) | Absortividade solar | Absortividade visível |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BaseCoat (externo) | 4 | 1,94 | 0,036 | 1,42 | 0,5 | 0,7 | 0,7 |
| EPS (externo) | 38 | 35 | 0,04 | 1,42 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| BaseCoat (externo) | 4 | 1,94 | 0,036 | 1,42 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| OSB (parede externa) | 11,1 | 650 | 0,15 | 2,3 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| Lã de Vidro | 85 | 10 | 0,045 | 0,754 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| OSB (parede interna) | 9,5 | 650 | 0,15 | 2,3 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| Gesso (forro e parede interna) | 20 | 750 | 0,35 | 0,84 | 0,9 | 0,3 | 0,3 |
| Vidro (janela) | 6 | 2500 | 1 | 0,84 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| Porta de alumínio pintada | 15 | 2700 | 230 | 0,88 | 0,9 | 0,26 | 0,26 |

Tabela 1. Características dos materiais utilizados como isolante. Fonte NBR 15220/2005

De uso versátil e facilmente transportada de uma área para outra, a construção modulada é uma solução industrializada, praticamente toda moldada na fábrica, conforme mostra Figura 1-b. Sua principal qualidade está no tempo reduzido de produção e implantação. As características dos materiais utilizados na composição do fechamento são apresentadas na Tabela 2, dados específicos para o cálculo da transmitância térmica.

| Material | Espessura [mm] | Densidade (ρ) [Kg/m³] | Condutividade (λ) [W/m.k] | Calor Especifico (c) [Kj/Kg.k] | Emissividade (ε) | Absorvidade solar | Absorvidade visível |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aço(parede, telha e piso) | 0,5 | 4000 | 180 | 0,6 | 0,9 | 0,26 | 0,26 |
| EPS Parede | 100 | 12 | 0,029 | 1,21 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| Aço (telha) | 0,5 | 4000 | 180 | 0,6 | 0,9 | 0,26 | 0,26 |
| Poliestireno (telha e piso) | 30 | 12 | 0,029 | 1,21 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |

Tabela 2. Características dos materiais utilizados como isolante. Fonte NBR 15220/2005.

A edificação construída em alvenaria caracteriza-se por possuir pilares e vigas em concreto armado e fechamento com tijolo cerâmico de 6 furos. A Figura 1-c mostra uma parede de fechamento com tijolo cerâmico, e as características dos materiais utilizados na composição do fechamento são apresentadas na Tabela 3, dados específicos para o cálculo da transmitância térmica.

| Material | Espessura [mm] | Densidade (ρ) [Kg/m³] | Condutividade (λ) [W/m.k] | Calor Especifico (c) [Kj/Kg.k] | Emissividade (ε) | Absortividade solar | Absortividade visível |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tijolo cerâmico | 90 | 1800 | 1,03 | 0,92 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| Concreto Armado (laje solo e laje forro) | 120 | 2300 | 1,75 | 1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| Argamassa | 10 | 1950 | 1,15 | 1 | 0,9 | 0,26 | 0,26 |
| Argamassa de emboço | 25 | 1950 | 1,15 | 1 | 0,9 | 0,26 | 0,26 |
| Vidro (janela) | 6 | 2500 | 1 | 0,84 | 0,9 | 0,26 | 0,26 |
| Porta de alumínio pintada | 15 | 2700 | 230 | 0,88 | 0,9 | 0,26 | 0,26 |

Tabela 3. Características dos materiais utilizados como isolante. Fonte NBR 15220/2005.

Para o telhado será usado à telha sanduiche em todos os sistemas construtivos, conforme representado na Figura 2. A Tabela 4 apresenta as características dos materiais empregados no telhado e as características dos materiais utilizados na composição do fechamento são apresentadas na Tabela 4, dados específicos para o cálculo da transmitância térmica.

| Material | Espessura [mm] | Densidade (ρ) [Kg/m³] | Condutividade (λ) [W/m.k] | Calor Especifico (c) [Kj/Kg.k] | Emissividade (ε) | Absortividade solar | Absortividade visível |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Núcleo PUR | 40 | 40 | 0,03 | 1,67 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| Aço Galvalume | 0,5 | 4000 | 180 | 0,6 | 0,9 | 0,26 | 0,26 |

Tabela 4. Características dos materiais utilizados como isolante. Fonte NBR 15220/2005.

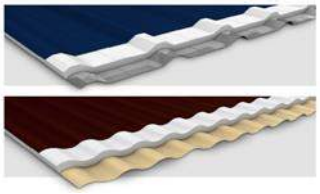


Figura 2. Telha Sanduiche. Fonte: BRASTELHA, 2017

## 7. MODELO FÍSICO

O modelo de edificação deste estudo é a casa denominada *Brashouse*, desenvolvida pela equipe da MMLT Arquitetura e Urbanismo, Figura 3, em parceria com a empresa Brastelha, ambas situadas em Erechim - RS. Como principais dimensões a edificação apresenta uma área total de 90,22 [m²] e pé direito de 2,64 [m], e dispõe de três quartos, sendo um suíte, uma sala de jantar conjugada com cozinha e uma sala de estar, um banheiro social e uma área de lavanderia, como mostra a Figura 3-b, onde se tem planta baixa da edificação.

(a) (b) (c)

Figura 3. Projeto Arquitetônico desenvolvido pela MMLT. (a) Perspectiva; (b) Planta baixa; (c) Zonas na edificação. Fonte: MMLT, 2017

Na execução de qualquer edificação, é necessário que se respeitem as normas técnicas de desempenho estabelecidas, garantindo assim, que se cumpram as exigências dos usuários. No caso da NBR 15575 (2013), refere-se aos sistemas que compõem as edificações habitacionais, independendo dos materiais e do sistema construtivo utilizado.

Quanto ao desempenho térmico, que é o que o estudo se direciona, a NBR 15575-1 (2013), estabelece dois procedimentos normativos, o primeiro é o simplificado, onde devem ser atendidos os requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme NBR 15575-4 e NBR 15575-5, caso os resultados sejam insuficientes, deve-se avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método de simulação computacional. O segundo procedimento se dá através da realização de medição na edificação ou protótipos construídos, este método é de caráter informativo e não se sobrepõe ao primeiro procedimento. Assim, neste estudo utilizou-se da realização da simulação computacional com o emprego do *software EnergyPlus*, como a NBR 15575-1 (2013) sugeriu, foi considerada a geometria da habitação como um todo, sendo cada ambiente uma zona térmica como mostra a Figura 3-c, e os materiais já descritos anteriormente, tiveram suas propriedades definidas a partir da NBR 15220-Parte 2.

## 8. MÉTODO E SOLUÇÃO

A partir do projeto arquitetônico Brashouse, produzido pela MMLT (2016), que é o objeto de estudo deste trabalho, foi feito um levantamento da área total e das áreas dos ambientes da edificação. Foram descritos os materiais utilizados no fechamento externo de cada modelo construtivo. A partir dessa etapa preliminar se fez a caracterização das condições climáticas e variáveis a serem consideradas tais como: temperatura máxima para o verão, temperatura mínima para o inverno, zona de conforto térmico para o verão e zona de conforto térmico para o inverno.

Para a simulação das cargas térmicas foi utilizado o *software EnergyPlus* na versão 8.7.0. Inicialmente importa-se o arquivo bioclimático da cidade de Erechim, disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEE/UFSC). A primeira etapa é caracterizar o uso da edificação, neste estudo se tem um ambiente residencial, e foi considerado o uso do climatizador durante as 24 horas do dia, para que se mantenham em temperatura ideal os ambientes. Na próxima etapa foi discriminado cada material e suas características,

e assim se pode definir os elementos de fechamento (parede), de cada sistema construtivo, inclusive dos elementos telhado e também do piso, após todos os parâmetros inseridos foi possível a simulação no *software*.

## 9. AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A análise térmica da Zona 1, que representa a sala, tem como característica diferente das demais, sua face principal voltada para o Sul a qual apresenta menor insolação, avaliação térmica desta zona está representada na Figura 4 (a) representa o perfil de temperatura para o ambiente externo em um dia típico de inverno. A Figura 4 (b) retrata o perfil de temperatura para o ambiente externo em um dia típico de verão. A Figura 4 (c) expõe a potência de climatização comparando-se os 3 sistemas construtivos para o dia típico de inverno. A Figura 4 (d) apresenta a potência de climatização comparando-se os 3 sistemas construtivos para o dia típico de verão.

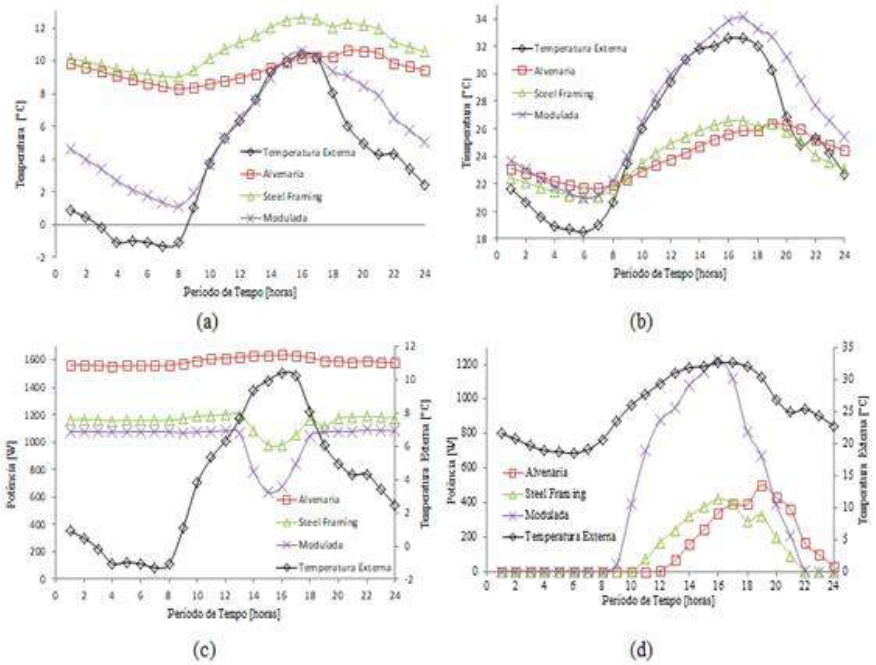



Figura 4. Zona 1 Sala: (a) Comparativo de Temperatura Externa x Interna em um dia de Inverno; (b) Comparativo de Temperatura Externa x Interna em um dia de Verão; (c) Potência de aquecimento necessária para manter o ambiente a uma temperatura ideal; (d) Potência de resfriamento necessária para manter o ambiente a uma temperatura ideal. Fonte AUTOR 2018.

A análise das demais zonas apresentou comportamento semelhante aos da Zona 1, os principais valores encontrados estão apresentados na Tabela 5.

### 9.1 Análise Financeira

A Tabela 5 apresenta o consumo energético total de cada zona para os 3 sistemas construtivos estudados ao longo dos dias típicos de inverno e verão. A Tabela 6 apresenta uma avaliação econômica baseada no consumo energético total apresentado na Tabela 5 e no valor cobrado pelo consumo de energia em [R$/kWh] pela concessionária responsável pelo serviço de distribuição de energia elétrica do estado do Rio Grande do Sul, a Rio Grande Energia (RGE). Nesta tabela apresentam-se os valores gastos para cada sistema construtivo, para os dias típico de inverno e verão avaliados, bem como uma avaliação percentual entre os sistemas LSF e modulado com relação ao sistema de alvenaria.

| Inverno | | | | | Verão | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alvenaria [kW.h] | LSF [kW.h] | Modulada [kW.h] | % | % | Alvenaria [kW.h] | LSF [kW.h] | Modulada [kW.h] | % | % |
| 38,18 | 27,55 | 24,46 | -27,83 | -35,94 | 3,19 | 2,92 | 9,64 | -8,41 | 202,54 |
| 8,40 | 5,17 | 4,94 | -38,45 | -41,17 | 0,86 | 0,96 | 2,94 | 11,86 | 241,13 |
| 0,28 | 0,30 | 0,20 | 4,52 | -29,72 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 100,00 | 100,00 |
| 12,59 | 8,68 | 6,75 | -31,07 | -46,38 | 12,59 | 8,68 | 6,75 | -31,07 | -46,38 |
| 13,51 | 8,44 | 8,21 | -37,52 | -39,27 | 1,24 | 1,25 | 4,09 | 0,94 | 229,29 |
| 72,97 | 50,14 | 44,56 | -31,28 | -38,94 | 17,88 | 13,81 | 23,71 | -22,74 | 32,61 |

Tabela 5. Consumo Energético. Fonte AUTOR 2018.

| | | Tarifa com Tributos R$/kWh 0,38223301 | Aliq. ICMS30% | PIS 1,59% | COFINS 7,34% | Total R$ | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inverno | Alvenaria | 27,89 | 8,37 | 0,44 | 2,05 | 38,75 | 0 |
| | LSF | 19,17 | 5,75 | 0,30 | 1,41 | 26,63 | -31,28 |
| | Modulada | 17,03 | 5,11 | 0,27 | 1,25 | 23,66 | -38,94 |
| Verão | Alvenaria | 6,83 | 2,05 | 0,11 | 0,50 | 9,50 | 0 |
| | LSF | 5,28 | 1,58 | 0,08 | 0,39 | 7,34 | -22,74 |
| | Modulada | 9,06 | 2,72 | 0,14 | 0,67 | 12,59 | 32,61 |

Tabela 6. Gasto Energético. Fonte AUTOR 2018.

## 10. CONCLUSÕES

Nessa edificação para os dias típicos de inverno e verão, o sistema modulado, embora com grande capacidade de isolamento, mostrou-se o de menor inércia térmica global, ou seja, o sistema que apresentou maiores alterações na temperatura interna pela oscilação da temperatura externa, apresentando grande necessidade de climatização, principalmente para o caso do verão. Já o sistema LSF, que possui inércia térmica intermediária e boa capacidade de isolamento se mostrou superior ao sistema de alvenaria em concreto armado quando se trata de manter o ambiente a uma temperatura ideal de conforto com o uso de sistemas de climatização, ventilação e aquecimento (HVAC – *Heating, Ventlation e Air Conditioning*). Na melhor das hipóteses, em relação ao sistema em alvenaria, o sistema construtivo em LSF necessitaria de cerca de 30% da potência necessária para se climatizar o ambiente em um dia típico de inverno, e quase 23% a menos em um dia típico de verão. Se comparado ao sistema modulado em um dia de verão, o LSF consome cerca de 41% menos para climatizar o ambiente, o que representa um consumo de energia bastante significativo. Quando se compara a construção em alvenaria ao sistema construtivo modulado, para se manter a condição de conforto térmico em um dia típico de inverno, tem-se uma redução de consumo energético de 39% no sistema modulado. Contudo, para um dia típico de verão, tem-se um aumento no consumo de energia de 32% em relação ao sistema convencional em alvenaria. Isto se dá pela baixa inércia térmica que o sistema possui, fazendo com que tanto o ambiente interno como a própria estrutura sejam mais influenciadas pelas condições da temperatura externa

## 11. REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220. **Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2003

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3. **Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro 2005

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1. **Edificações Habitacionais – Desempenho.** Rio de janeiro 2013.

BRITO, A. C.; AKUTSU, M.; TRIBESS, **A. Emprego do programa computacional Energyplus na análise de alternativas de projeto de habitação visando o conforto térmico do usuário**. Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de estado de São Paulo, 2011.

DUMKE, E. M. S., **Clima urbano / conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba (AU-RMC)**. Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, pelo Programa de Doutourado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

ERECHIM (RS). **Prefeitura Municipal. Clima**. Disponível em: http://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/145/clima. Acesso em 02 nov. 2017

GOMES, A.P., **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em Light Steel Framing**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Estruturas Metálicas. Ouro Preto, 2007.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. ***EnergyPlus***. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/, Acessado em 05/11/2017.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A. L. P.; CARLO, J. C.; BATISTA, J. O.; MARINOSKI, D. L.; NARANJO A.; DUARTE, V. C. P., **Desempenho Térmico de Edificações**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, 2016.

MENDES, N.; WESTPHAL, F,S.; LAMBERTS, R.; CUNHA NETO, J.A.B., **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil.** V.5. Ambiente Construído. Porto Alegre out./dez. 2005.

SORGATO, M. J., **Desempenho térmico de edificações Residenciais Unifamiliares ventiladas naturalmente.** Florianópolis, 2009.

## 12. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A RELAÇÃO ENTRE AS INTERFERÊNCIAS DO AMBIENTE CONSTRUÍDO COM GRANDES ALTURAS E SEU ENTORNO SOBRE O FLUXO DE VENTO - ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ /SC

**Darllan Fabiani da Silva Santos**
**Sara Roesler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Campus II - Erechim / Brasil
darllanfabiani@uricer.edu.br
sararoesler@uricer.edu.br

***Resumo*** *A cidade de Balneário Camboriú/SC vem ganhando destaque no mercado imobiliário ao apresentar novos empreendimentos de luxo com grandes alturas. Um dos fatores que permitiram a verticalização das edificações foi a sua pequena área territorial, com seus 46,244 Km², 100 % destes localizados em área urbana e população estimada, conforme censo de 2010, em 108.089 pessoas, mas que no período de veraneio, a cidade recebe aproximadamente 1 milhão de visitantes. Também podemos citar a especulação imobiliária, a disputa entre as duas maiores construtoras que atuam na cidade e o envolvimento de políticos com tais construtoras, que acabam interferindo no planejamento urbano.*

*Como consequência desta verticalização, podemos identificar inúmeros impactos, como o aumento significativo da zona de sombra na faixa de areia da praia, que a partir das 15:00 h, pouquíssimos são os pontos que recebem radiação solar direta. A sombra projetada dos prédios, na orla, já avança em 200 metros em direção ao mar.*

*Por se tratar de uma cidade litorânea, Balneário Camboriú tem à sua disposição significativa abundância de ventos, mas que com o processo intenso de verticalização das edificações tem gerado um incômodo comum nas grandes áreas metropolitanas, a canalização dos ventos, que em algumas situações pode dificultar o deslocamento dos transeuntes, causar a queda de árvores e gerar um aumento de calor nos bairros adjacentes ao litoral da cidade, pois a brisa marítima encontra dificuldades para chegar nestes locais. É importante ressaltar, que o seu plano diretor possui regras que são permissivas em algumas áreas, como a não determinação do limite de altura para as construções.*

*Este artigo tem a finalidade de apresentar as interferências causadas pelo ambiente construído com grandes alturas no fluxo de ventos e por consequência em seu entorno. Trata-se de um estudo caso, como método de pesquisa, que ratifica a relevância do tema proposto neste trabalho.*

***Palavras-chave:*** *Verticalização das edificações, Ambiente construído, conforto ambiental, Ação dos ventos, Planejamento Urbano.*

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os seus primórdios, o homem vem demonstrando total dependência da natureza para a sua sobrevivência, pois a mesma vem fornecendo desde o seu alimento até a sua moradia, fator determinante para a manutenção da sua qualidade de vida.

É incontestável a importância da relação meio ambiente e qualidade de vida. O meio ambiente vem sofrendo diversas mudanças ao longo dos tempos, devido à ingerência do homem. Durante séculos, este conseguiu manter uma harmonia com a natureza, pois tudo que retirava e devolvia não gerava um desequilíbrio natural. Com a Revolução Industrial este equilíbrio foi quebrado, para atender às necessidades de um desenvolvimento industrial acelerado, o que gerou um consumo desmedido de recursos naturais.

O termo qualidade de vida explicita a qualidade das condições de vida, considerando fatores como alimentação, saúde, moradia e bem-estar, tendo relação com o momento atual e como planejar o futuro, por meio da interação homem, natureza e seu entorno.

Barbosa (1998) afirma que para melhor compreensão da área de conhecimento em qualidade de vida é necessário adotar uma perspectiva ou um paradigma complexo de mundo, pois se expressa na relação entre o Homem, a natureza e o ambiente que o cerca.

Portanto, com o uso indiscriminado dos recursos naturais para atender a uma demanda desenfreada de uma população extremamente consumista e sem qualquer preocupação com os malefícios gerados ao meio ambiente, surgem fatores que confirmam uma queda na qualidade de vida. Inúmeros são, entre eles estão, a geração excessiva de resíduos urbanos, a verticalização das edificações, entre outros.

Ao longo do século XIX, a verticalização urbana estava limitada as áreas metropolitanas, devido a sua produção máxima do capital financeiro e industrial, que absorvia cada vez mais trabalhadores e por consequência, moradores. Surge então, a necessidade de investir em infraestrutura o que foi fator determinante para a expansão imobiliária.

Para França (2015) foi na década de 1970 acompanhada pela expansão das cidades médias e a internacionalização das relações econômicas locais, que se percebeu um movimento de reestruturação intra e interurbana de regiões não metropolitanas, caracterizado pela atração de pessoas, capitais, investidores públicos e privados, culminando em um fenômeno antes exclusivo das metrópoles: a verticalização urbana.

Este mesmo fenômeno já se encontra presente em cidades menores, como a utilizada neste estudo de caso, que possui 108.089 habitantes, conforme censo de 2010, realizado pelo IBGE.

A verticalização urbana também é mencionada como cânions urbanos, pois se trata de uma configuração urbana composta por dois anteparos, que determina uma obstrução da abóbada celeste pelas edificações e que por consequência, contribui para a formação de ilhas de calor. Torna-se primordial uma avaliação das formações urbanas e suas interferências, enriquecido por um planejamento urbano que contribua para a melhoria da qualidade e do conforto dos espaços públicos.

Minella e Krüger (2007) afirmam que o adensamento e a expansão horizontal das cidades, quando planejadas indevidamente, podem trazer consequências significativas, sendo estas relacionadas ao aumento da radiação solar recebida e refletida internamente nos cânions urbanos.

## 2. A CIDADE

A cidade objeto deste estudo é a Balneário Camboriú, que está localizada no Vale do Itajaí, estado de Santa Catarina e possui área territorial de, aproximadamente, 46 quilômetros quadrados.

Sua orla marítima é o maior atrativo turístico da região. Foi na década de 60, que as atividades turísticas tomaram proporção e a cidade passa a ser um grande centro turístico, no Brasil.

Atualmente, a economia gira em torno do turismo, tornando-se evidente na Praia central, principalmente, no período das festas de final de ano, no verão, em que a cidade chega a receber mais de 1 milhão de visitantes, fazendo com que a mesma possua uma das maiores densidades demográficas do pais, neste período (IBGE, 2010).

É um ponto turístico incontestavelmente, que a cada ano, vem atraindo mais visitantes, não só para a cidade, mas para os demais municípios, em seu entorno. Por este motivo, o turismo de massa vem crescendo significativamente e por consequência, vem alterando a paisagem natural da cidade para uma paisagem edificada, praticamente, em toda a sua extensão e já interferindo em seu planejamento urbano, conforme figuras 01 e 02.

Figuras 01e 02: Verticalização acentuada, Balneário Camboriú. Fontes: Cidades em fotos, 2018 e Google Earth, 2018, respectivamente.

Skalee e Reis (2008) enfatizam que o traçado urbano de Balneário Camboriú toma formas no período de 1960-1970, com o estabelecimento de inúmeros loteamentos coordenados pela iniciativa privada. Neste mesmo período, Balneário Camboriú se desmembra do município de Camboriú e passa a ter autonomia político-administrativa. Como consequência de um significativo aumento no número de investidores do setor imobiliário e incentivos do poder público para atrair cada vez mais pessoas com interesse em locais de veraneio, a cidade passa a ter um irrefutável aumento na densidade demográfica e de dinheiro e por consequência, uma verticalização cada vez mais acentuada das edificações, com o propósito de suprir a falta de espaço físico, conforme figura 03.

Figura 03: Vista aérea da cidade de Balneário Camboriú. Fonte: Google Earth e adaptado pelo autor, 2018.

A cidade vem crescendo constantemente, com seus suntuosos edifícios de luxo, recebendo forte influência da especulação imobiliária, sendo esta apoiada por muitos políticos e que incentiva a segregação social.

Para Maricato (2001) é impossível esperar que uma sociedade como a nossa, radicalmente desigual e autoritária, baseada em relações de privilégio e arbitrariedade, possa produzir cidades que não tenham essas características.

## 3. AÇÃO DOS VENTOS E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

O vento é um fenômeno meteorológico que tem sua origem na diferença de pressão entre regiões. Para que haja o deslocamento de ar, isto é, o vento, duas zonas com pressões distintas são necessárias. As interações entre as zonas de alta pressão e a de baixa pressão estão representadas na figura 04.

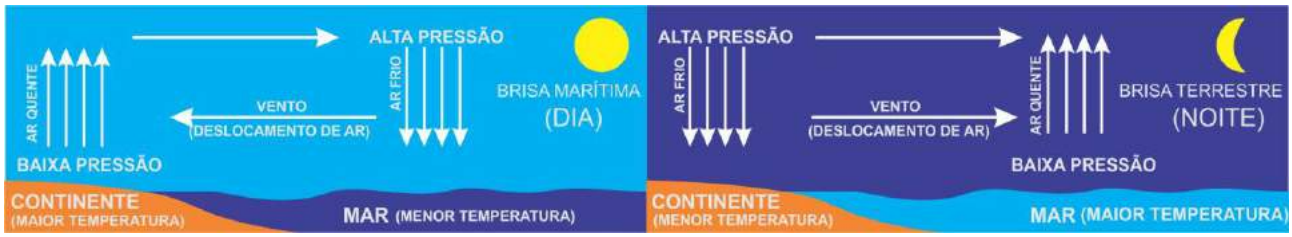



Figura 04: Brisa marítima e brisa terrestre. Fonte: Autor, 2018

Segundo Ayoade (2014) o vento é o deslocamento de ar em relação à superfície terrestre, sendo produzido pela diferença de gradiente de pressão atmosférica, pelo qual geram deslocamentos horizontais e verticais de massa de ar, gradientes que impulsionam o deslocamento do ar de áreas de alta pressão para os de baixa pressão, devido a um diferencial de aquecimento do ar, relacionado diretamente à radiação solar.

Os ventos podem adotar diferentes velocidades e trajetórias, conforme os obstáculos encontrados ao longo do seu deslocamento.

Conforme Santamouris (2004) o conforto térmico é tão sensível à temperatura radiante, quanto à temperatura do ar, se relacionada às baixas velocidades do ar, mas às altas velocidades, a temperatura do ar determina a percepção do conforto. A velocidade do ar de grande impacto no conforto dos usuários.

Em Balneário Camboriú, os ventos predominantes são do quadrante leste (11,5%), que são os ventos provenientes do Oceano Atlântico. Seguidos pelos de sudoeste (10,2%) e de nordeste (9,4%) e de forma decrescente com as seguintes proporcionalidades: sudeste (8,5%), sul (8,3%), oeste (6,8%), noroeste (5,3%). Os menores valores são do quadrante norte (2,7%), figura 05.

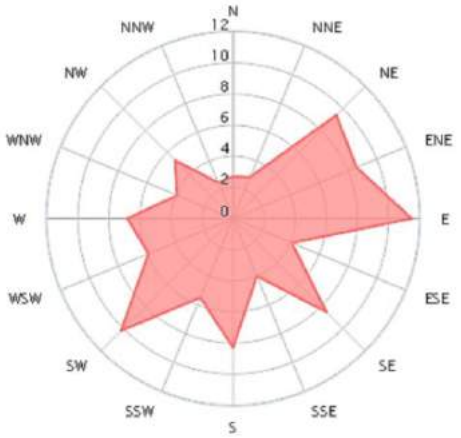



Figura 05: Distribuição das direções dos ventos durante o ano em Balneário Camboriú. Fonte: http://pt.windfinder.com/ 2018.

Nos grandes centros urbanos, a verticalização das edificações não modifica somente o espaço urbano, traz uma série de impactos socioambientais, podendo ser positivos e negativos. Como positivos podemos citar a otimização do solo urbano, a racionalização dos custos da habitação e a minimização das distâncias percorridas entre o local de trabalho e de moradia. Como negativos podemos citar a sobrecarga na infraestrutura, o aumento na produção de resíduos sólidos urbanos, a impermeabilização do solo, o aumento das áreas expostas à radiação solar, que contribui para a formação de ilhas de calor e a canalização dos ventos, o que gera o aumento na velocidade dos ventos, dificultando o deslocamento dos transeuntes. Em inúmeras ruas centrais de Balneário Camboriú, é possível identificar o efeito de canalização dos ventos, conforme Figura 06.

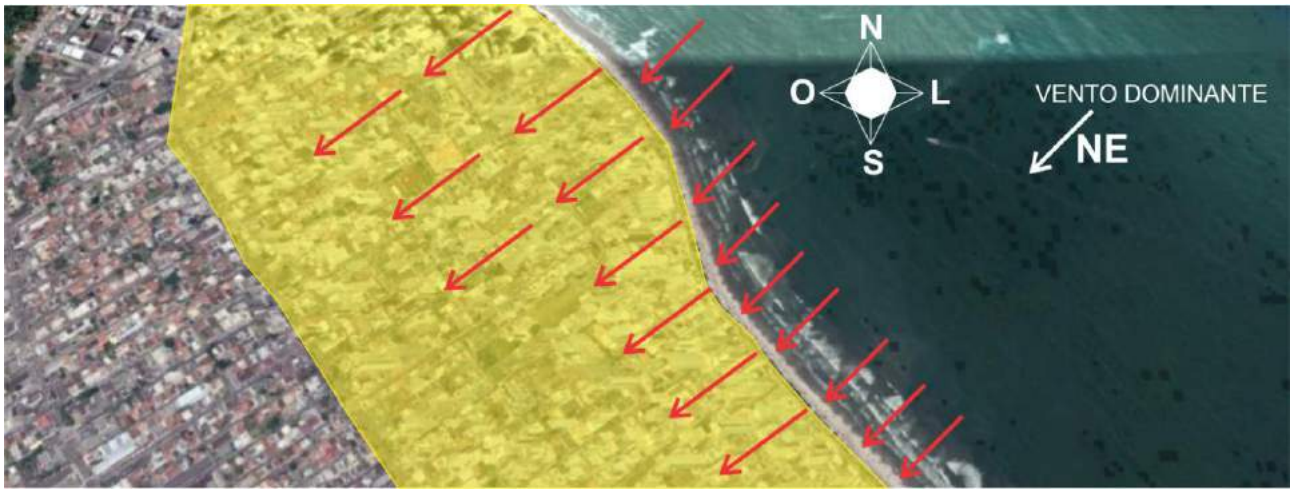



Figura 06: Verticalização das edificações e a canalização dos ventos. Fonte: Google Earth e adaptado pelo autor, 2018.

Com o grande número de edificações verticais na orla, a brisa marítima encontra dificuldades alcançar as diversas áreas da cidade, podendo chegar com sua intensidade reduzida, que associada ao crescimento significativo do ambiente construído e impermeabilização do sol, tem gerado uma elevação da temperatura nas regiões mais afastadas na orla.

Rahy (2012) enfatiza que o planejamento de uma construção de verticalização acentuada sempre deveria considerar o nível de interferência que causa a curta, média e longa distância.

Segundo Pereira (2002) o vento é um elemento climático que atua diretamente no microclima de uma determinada área, interferindo no crescimento de culturas e animais, tendo tanto efeitos favoráveis como desfavoráveis. Estes efeitos dos ventos são oriundos de ações dinâmicas, porém estes são absorvidos pelas edificações por ações estáticas, conforme figura 07.

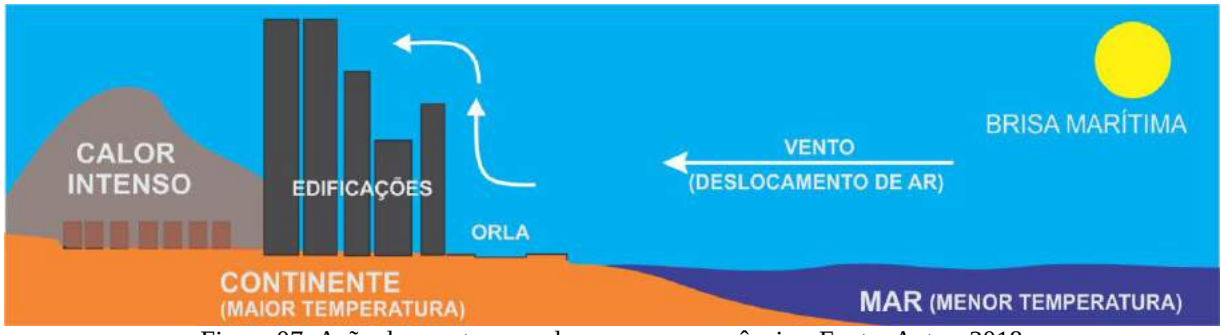


Figura 07: Ação dos ventos na orla e suas consequências. Fonte: Autor, 2018

O plano diretor de uma cidade tem como propósito gerenciar o seu crescimento, contribuir para um adequado planejamento urbano e não permitir casos como a verticalização indiscriminada das edificações. O mesmo deve visar boa qualidade de vida, infraestrutura adequada, mobilidade espontânea e ser revisado em um período máximo de 10 anos, por ser tratar de um processo contínuo.

A cidade de Balneário Camboriú possui Plano Diretor, Código de Obras e plano de Zoneamento, porém em algumas áreas não há determinação de gabarito para as edificações. Também são utilizados alguns mecanismos como o de "Transferência de potencial construtivo", que permite o uso do potencial construtivo de um terreno em outro, isto é, possibilita a construção de edificações cada vez mais elevadas em um terreno e restringe a altura das edificações em outro. Outro mecanismo é o de "Transferência de Direito de Construção", que permite aumentar o potencial construtivo de um terreno mediante investimentos em infraestruturas urbanas específicas para a cidade, além do ICON – Índice de Confortabilidade de Obra para Desapropriações e do ICAD - Índice Construtivo Adicional de Desapropriações.

Para Souza (1994) o processo de verticalização primeiro irá seguir a direção determinada pelo deslocamento e expansão do local de moradia da classe dominante, executada em áreas onde a legislação permite a verticalização e num segundo momento tomando as áreas de expansão da classe média. Sendo assim, os agentes produtores do espaço urbano também são responsáveis pelo processo de verticalização. Estes são dotados de interesses, estratégias e práticas espaciais próprias, portadores de contradições e geradores de conflitos entre eles mesmos e com os outros segmentos da sociedade.

A verticalização impede a incidência da radiação solar direta, gerando áreas com sombras, que podem desencadear uma série de problemas, como excesso de umidade, entre outros.

Nunes (2011) afirma que a verticalização gera a projeção de sombras sobre as residências limítrofes e contíguas da vizinhança, com perda parcial da insolação natural. Esse modelo aumenta a umidade nas partes internas dessas residências, mofo, proliferação de fungos e cupim nas madeiras e armários, doenças asmáticas e bronco-pulmonares, etc.

Para Santamouris (2006) a adequação climática de assentamentos urbanos corresponde a um dos principais imperativos para a determinação da qualidade ambiental urbana, influenciando os aspectos relacionados ao conforto ambiental e à eficiência energética do ambiente construído.

## 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento econômico das cidades tem atraído cada vez mais pessoas para os seus centros urbanos, determinando um aumento significativo na demanda por moradias. No caso da cidade de Balneário Camboriú, podemos acrescentar o turismo como fator de atração para o adensamento populacional, por se tratar de uma cidade de veraneio.

Com o crescimento populacional e por consequência, seu adensamento, são inúmeras consequências identificadas no processo de verticalização das edificações, como aumento na produção de resíduos sólidos urbanos, da carga de esgoto domiciliar, do calor, da canalização dos ventos, entre outros.

O processo de verticalização gera impactos sociais, econômicos, políticos e ambientais.

Conclui-se que o planejamento urbano e suas ferramentas reguladoras são vitais para a organização do espaço urbano evitando, assim, que problemas como os apresentados neste artigo, não se repitam, como a verticalização excessiva das edificações e por consequência, a canalização dos ventos, além da segregação socioespacial e distribuição desigual e diferenciada à infraestrutura urbana. Trata-se de um problema, que depois de executado, torna-se irreversível.

É inadmissível que a especulação imobiliária, por meio dos interesses dos grandes grupos e latifundiários urbanos, com a conivência e participação de muitos políticos, sobreponha-se aos interesses coletivos.

A verticalização das edificações não apenas reduz e esconde a paisagem natural, mas interfere na sua salubridade, com a redução do sentimento de ver e sentir a cidade.

## 5. BIBLIOGRAFIA

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil Ltda., 2004.

Balneário Camboriú. Disponível em: <https://cidadesemfotos.blogspot.com/> . Acesso em: 28 ago.2018.

BARBOSA, Sônia Regina da Cal Seixas. **Qualidade de Vida e ambiente: uma temática em construção**. In: BARBOSA, Sônia Regina da Cal Seixas (org.). **A temática ambiental e a pluralidade do Ciclo de Seminários do NEPAM**. Campinas: UNICAMP, NEPAM, 1998.

FRANÇA, I.S. de. **O Processo de Verticalização Urbana em Cidades Médias e a Produção do Espaço em Montes Claros – MG**. Boletim Gaúcho de Geografia, v.42, n.2: 584-610, maio, 2015.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/balneario-camboriu/panorama>. Acesso em: 27 ago. 2018.

MARICATO, Ermínia**.** Brasil, cidades**: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MINELLA,, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. **Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em ruas de pedestres em Curitiba**. Ambiente Construído (Online) vol.11 no.1 Porto Alegre , 2011

NUNES, Nilo. **Gestão Ambiental Urbana: Planejar Antes de Verticalizar**. Revista Complexus. Instituto Superior de Engenharia Arquitetura e Design -CEUNSP, Santos- SP, Ano 2, n. 3, 2011.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 478 p., 2002.

RAHY, Izarosara Borges. **Verticalização e Paisagem Urbana**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL URBICENTRO. Salvador – BA, 2012. Anais.... Salvador – BA, 2012.

SANTAMOURIS, M. **Adaptative thermal comfort and ventilation. Ventilation Information Paper, Air Infiltration and Ventilation Centre, n° 12**. Air Infiltration and Ventilation Centre: Belgium, 2004.

SANTAMOURIS, Mat (Edt.) **Environmental Design of Urban Buildings: an integrated approach.** Earthscan London, Sterling, VA. 322, 2006.

SKALEE, Milena; REIS, Almir Francisco. **Crescimento urbano-turístico: traçado e permanências urbanas em Balneário Camboriú.** Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. In: COLOQUIO INTERNACIONAL DE GEOCRÍTICA, X. Anais... Barcelona: Universidad de Barcelona, 2008. Disponível em: Acesso em: 28ago 2018.

SOUZA, Maria Adelia. A **identidade da metrópole: A verticalização em São Paulo**. 20. ed. São Paulo: Editora Hucitec, 1994.

WINDFINDER. Disponível em: <https://www.windfinder.com/#14/-26.9923/-48.6357>. Acesso em: 28 ago. 2018.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA: A RELEVÂNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL PARA O AMBIENTE CONSTRUÍDO

**Darllan Fabiani da Silva Santos**
**Sara Roesler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Campus II - Erechim / Brasil
darllanfabiani@uricer.edu.br
sararoesler@uricer.edu.br

***Resumo*** *A arquitetura deve interagir com a natureza em seu entorno e para que um projeto seja sustentável, é primordial a interdependência entre a edificação e a natureza, sem causar impactos a mesma e não comprometendo as gerações futuras, pois é função básica das edificações, disponibilizar abrigo que ofereça as condições favoráveis de permanência e desenvolvimento de atividades cotidianas dos seres humanos, como trabalho, lazer e repouso. A ventilação natural é uma técnica utilizada para a obtenção de um condicionamento térmico passivo, isto é, com o aproveitamento das condições climáticas e recursos naturais locais. São inúmeros os benefícios ao utilizar a ventilação natural no ambiente construído, como a realização da troca de ar no ambiente interno, reduzindo os riscos de proliferação de microorganismos prejudiciais à saúde, odores indesejáveis e a redução dos gastos com energia elétrica, ao dispensar o uso de aparelhos condicionadores de ar. Atualmente, a arquitetura bioclimática vem se destacando com a inclusão da eficiência energética na agenda mundial, fomentando o uso de soluções passivas de iluminação e ventilação. Este artigo tem a finalidade de apresentar a importância da ventilação natural para o ambiente construído, pois se trata de uma revisão bibliográfica, cuja metodologia aplicada foi a desk-research, com base em anais de congressos, trabalhos do banco de dados digital de teses, livros, que contribuem para a relevância deste material.*

***Palavras-chave:*** *Ambiente construído, Conforto ambiental, Conforto Térmico, Fluxo de Vento, Ventilação Natural.*

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo do desenvolvimento da humanidade, vivenciamos a evolução das moradias por meio de experiências passadas, que foram determinantes para o surgimento de elementos arquitetônicos que se moldavam às necessidades climáticas do local em que eram implantadas.

Conforme Bittencourt e Cândido (2006) a concepção de edifícios com função de abrigo – é uma síntese de solução arquitetônica oriunda da influência climática, da cultura, da tecnologia disponível de cada região e das características socioculturais das populações envolvidas. Os seres humanos têm a necessidade de se proteger das intempéries. Esta necessidade é compensada pelas vestimentas e pela proteção oferecida pelos abrigos – o edifício.

Estas adaptações são características da arquitetura vernacular, sendo que estes conhecimentos foram compartilhados e aperfeiçoados por várias gerações. Com o processo evolutivo das cidades e a maior disponibilidade de recursos tecnológicos, os recursos que fomentam o uso dos elementos disponibilizados pela natureza foram trocados pelos recursos artificiais. É o caso da ventilação natural, que foi substituída por aparelhos condicionadores de ar, ventiladores, isto é, por sistemas mecânicos.

Com a crise energética mundial entre as décadas de 1960 e 1970 e mais recentemente, os inúmeros racionamentos de energia elétrica de 2001, os profissionais da construção civil passam a executar edificações mais eficientes, isto é, edificações que utilizam menos energia elétrica e que fomentam o emprego de elementos característicos da arquitetura vernacular, não somente com a preocupação relacionada à eficiência energética e sim com a adaptação do ser humano ao local, gerando conforto ao ambiente construído, como é o caso da ventilação natural, um sistema passivo, que resulta da diferença de pressão do ar, sendo assim, pela movimentação do ar no interior das edificações, sem a interferência de nenhum sistema mecânico, isto é, sistema ativo.

Conforme Toledo (1999) a ventilação natural ocorre por diferença de pressão do ar podendo ser por ação dos ventos ou pela diferença de densidade do ar, determinada pela diferença de temperatura.

A ventilação natural é uma excelente ferramenta geradora de conforto ambiental, sendo mais específico, de conforto térmico, pois desencadeia a circulação do ar e por sua vez, a renovação do ar de um ambiente, sem a necessidade de aparelhos condicionadores de ar, que utilizam energia elétrica para o seu funcionamento, gerando gastos.
Jones (2001) afirma que um dos principais benefícios da ventilação natural é a redução do consumo de energia, determinado pelo decrescimento no uso de ventilação mecânica.
Para que a mesma funcione, é imperativo que existam aberturas na edificação, permitindo assim, que o ar flua pelo edifício e traga todos os benefícios oferecidos pela natureza.
Conforme Bower (1995) apenas é possível a existência da ventilação natural, com a existência de diferença de pressão e de aberturas nas edificações.
O uso deste sistema passivo é mais indicado para locais quentes e úmidos, com o propósito de reduzir a temperatura interna do ambiente, com a inserção do fluxo de ar e de gerar a sensação de resfriamento aos seus usuários, principalmente em ambientes com temperaturas acima de 30º C.
Frota e Schiffer SCHIFFER (2003) afirmam que em regiões de clima quente e úmido, como o Brasil, a ventilação natural é a estratégia mais simples para a promoção do conforto térmico, quando a temperatura se torna elevada.
Existem inúmeros projetos que comprovam o desempenho térmico de uma edificação, por meio da ventilação natural e que podem ser utilizados como referências. É o caso do projeto casa eficiente, realizado pela Eletrobrás, Eletrosul e o LabEEE da Universidade Federal de Santa Catarina. Considerado um centro de demonstrações em eficiência energética, onde foram aplicadas técnicas de ventilação natural diurna e noturna, porém foram identificadas algumas restrições, o que contribui para as adequações futuras, além de técnicas mais modernas, que contemplam o uso da energia solar para aquecimento, uso eficiente da água e da energia elétrica, conforme figura 01.

Figura 01: Modelo de casa eficiente Eletrobras,Eletrosul e LabEEE / UFSC. Fonte: Lamberts, R. et al, 2004.

## 2. MICROCLIMA

A arquitetura deve interagir com o seu entorno, em escala de microclima, considerando suas especificidades, como tipo e altura da vegetação, a topografia, o solo e as interferências causadas por obstáculos naturais e artificiais, por meio de seus próprios elementos, para satisfazer as exigências de conforto térmico do usuário, conforme figura 02.

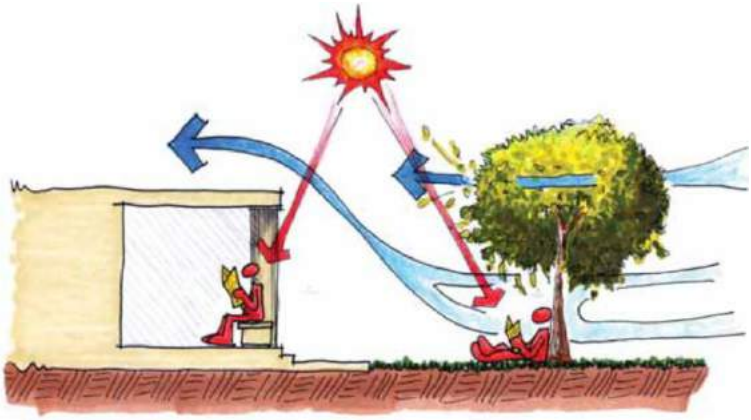


Figura 02: Microclima e suas especificidades. Fonte: Lamberts, R. et al, 2004.

## 3. CONFORTO TÉRMICO

E definido pela relação entre a sensação de bem-estar do usuário, a temperatura do ambiente e suas variáveis.

ASHRAE Standart 55 (2013) afirma que conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa.
Conforme a ISO 7730 (2005) são consideradas as seguintes variáveis:
a) Vestimenta: quanto maior for a resistência térmica da roupa, menores serão as trocas de calor do corpo com o meio.
b) Atividade física: quanto maior for a atividade física, maior será a produção de calor por metabolismo.
c) Variáveis ambientais: São consideradas a temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa do ar e a velocidade do ar.
Segundo Rivero (1985) as definições de conforto cuidam para não indicar valores numéricos devido à enorme quantidade de casos que podem se apresentar. Dentre os mais conhecidos há dois que podem chamar de complementares e que precisam bem o problema. Um deles, de caráter subjetivo, que diz que o conforto térmico de uma pessoa é aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico e a outra, com fundamentos fisiológicos, que relata que o conforto térmico de um indivíduo se alcança quando as condições do meio permitem que o sistema termorregulador esteja em estado de mínima tensão.
Para a obtenção de conforto térmico no ambiente construído são consideradas as estratégias de condicionamento térmico passivo, que aproveitam as condições climáticas e os recursos naturais locais, priorizando a redução no consumo energético das edificações. Também são consideradas as estratégias de condicionamento térmico artificial, que utilizam equipamentos mecânicos e elétricos para aquecer, arrefecer, ventilar e iluminar, desconsiderando a climatização natural.
Estudos afirmam que pessoas expostas a ambientes condicionados artificialmente são mais exigentes com relação à temperatura do ambiente do que quando expostas à ventilação natural (SANTAMOURIS; WOUTERS, 2006).

## 4. VENTILAÇÃO NATURAL

De relevância incontestável para a arquitetura bioclimática, a ventilação natural proporciona a qualidade interna do ar, através de troca constante, criando ambientes salubres e confortáveis, além de contribuir para a redução do consumo exagerado de energia elétrica. Porém, devem ser considerados alguns parâmetros para o seu uso correto, como a faixa de temperatura e a umidade relativa do ar, adequadas.
Após o sombreamento, a ventilação natural é a estratégia mais importante no Brasil, conforme a figura 03.

| cidade | necessidade de ventilação natural (% das horas do ANO) | necessidade de ventilação natural (% das horas de VERÃO) |
|---|---|---|
| Belém | 88,8 | 93,1 |
| Brasília | 17,3 | 36,3 |
| Curitiba | 6,84 | 19,9 |
| Florianópolis | 36,4 | 77,1 |
| Fortaleza | 85,8 | 92,3 |
| São Luís | 86,7 | 86,5 |
| Maceió | 76,4 | 84,9 |
| Natal | 84,2 | 88,7 |
| Porto Alegre | 23,3 | 59,0 |
| Recife | 67,8 | 76,2 |
| Rio de Janeiro | 60,9 | 78,0 |
| Salvador | 57,9 | 80,6 |
| São Paulo | 14,3 | 45,2 |
| Vitória | 60,9 | 87,4 |

= cidades com grande necessidade de ventilação no ANO TODO

= cidades com grande necessidade de ventilação no VERÃO

Figura 03: Percentual de necessidade de ventilação natural em algumas cidades brasileiras. Fonte: Lamberts, R. et al, 2004.

Conforme Lamberts (2004) a ventilação natural é recomendada para temperaturas entre 20ºC e 32ºC, pois acima dos 32º C os ganhos térmicos por convecção proporcionam mais o aquecimento. E entre 27º a 32ºC, a ventilação só se torna

eficiente, quando a umidade relativa do ar possuir valores entre 15% e 75%. Consequentemente, a ventilação é um recurso natural muito utilizado na estação quente, por meio de abertura de vãos, conforme figura 04.

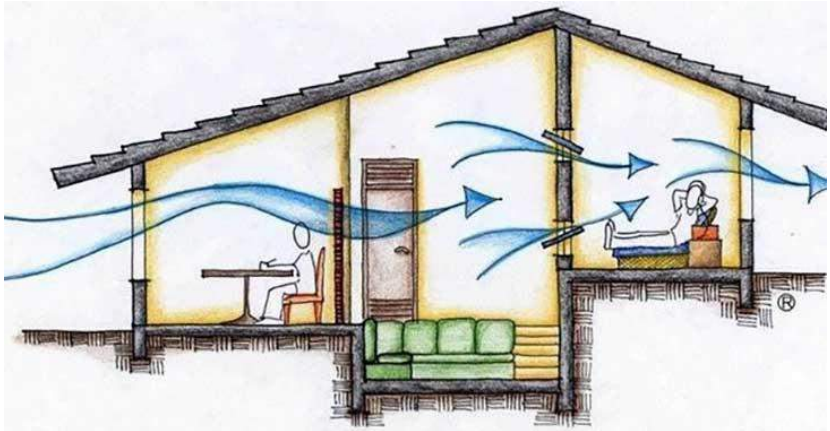


Figura 04: Abertura de vão permitindo a ventilação natural do ambiente construído. Fonte: Lamberts, R. et al, 2004.

## 5. QUALIDADE DO AR NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Para o desenvolvimento de projetos que fomentem o uso de espaços ventilados, naturalmente, devem ser considerados fatores como a saúde humana e por consequência, o conforto térmico. Nesta fase inicial de desenvolvimento do projeto arquitetônico, estes são primordiais para a obtenção de níveis de qualidade do ar e de conforto adequados, sem a aquisição de custos demasiados.

Tendo como base a legislação brasileira, alguns documentos abordam conceitos para qualidade interna do ar, como: a Portaria nº 3523 do Ministério da Saúde (MS 3523, 1998), que descreve por meio do artigo 4º, que a boa qualidade do ar interna é obtida por um conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas do ar, que não apresentem agravos à saúde humana. Também na Resolução – RE nº 09, de janeiro de 2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária descreve que a qualidade do Ar Ambiental Interior é a condição do ar ambiental do interior, resultante do processo de ocupação de um ambiente fechado com ou sem climatização artificial.

A norma mais recente, que faz menção a qualidade interna do ar em edificações residenciais, foi publicada em 2013, a NBR 15.575 trata dos requisitos de desempenho de edificações habitacionais, exigindo a condição de habitabilidade em edifícios ventilados naturalmente ou climatizados artificialmente, por meio dos seguintes fatores: saúde, higiene e qualidade do ar.

A Organização Mundial da Saúde - OMS (2011) por meio de um relatório anual de saúde enfatiza que os poluentes do ar no interior das edificações são alguns dos fatores principais na determinação de mortes por doenças respiratórias agudas, sendo que metade dessas mortes é atribuída à pneumonia em crianças com idade abaixo dos cinco anos, em países em desenvolvimento.

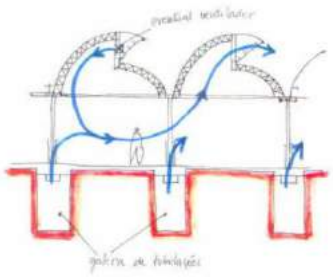
Um dos maiores agentes facilitadores para a proliferação de fungos e bactérias é a umidade excessiva. Ambientes como banheiros, lavabos, cozinha e copas são os que mais contribuem para a proliferação de microorganismos nocivos à saúde humana. O mau dimensionamento das aberturas e até a sua inexistência podem contribuir para o crescimento das colônias, principalmente em climas tropicais.

European Collaborative Action - ECA (2003) enfatiza que em uma habitação, os ambientes mais propensos à proliferação de microorganismos se caracterizam por apresentar níveis elevados de umidade, acima de 80%, sendo a temperatura do ar e o material que compõe a superfície destes ambientes são os fatores catalisadores, isto é, que aceleram o processo de proliferação das colônias.

Muitas cidades do Brasil, por meio do plano diretor, estabelecem parâmetros mínimos de aberturas de vãos para ventilação, como é o caso da cidade de Erechim /RS, que determina uma porcentagem entre 7,5% e 5% da área do piso para a abertura dos vãos, conforme o grupo determinado.

## 6. MODELOS DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Considerado uma evolução na aplicação das estratégias de conforto térmico e ventilação natural, a obra do arquiteto João Filgueiras Lima, conhecido como Lelé, o hospital da Rede Sarah, no Rio de Janeiro, foi inaugurado em 2009 e comporta um centro de reabilitação para crianças e adultos. Reconhecido, atualmente, como um exemplo de arquitetura bioclimática, disponibilizando ambientes confortáveis, econômicos e agradáveis, conforme Figuras 05, 06 e 07.



Figuras 05, 06 e 07: Hospital da rede Sarah – Barra da Tijuca / RJ. Fontes: BONETTO, D., ComoVer - O Blog e CAU Goiás, respectivamente, 2018.

A fábrica de embalagens e pincéis para produtos de beleza e maquiagem, do arquiteto Sidônio Porto, a IPEL é outro exemplo de arquitetura bioclimática, ao utilizar coberturas em sheds, que proporcionam boa ventilação e iluminação naturais, reduzindo o uso de climatizadores artificiais e iluminação artificial, conforme figura 08.

Figura 08: IPEL / SP. Fonte: Galeria da arquitetura, 2018.

## 7. CONCLUSÃO

Conclui-se que a adoção da ventilação natural é de incomensurável importância para a arquitetura bioclimática, pois proporciona inúmeros benefícios aos seus usuários, como a geração de conforto térmico no ambiente interno, salubridade, com a troca de ar, evitando assim, o excesso de umidade e a proliferação de microorganismos. Torna-se de grande relevância por se tratar de um sistema de condicionamento térmico passivo e que contribui para a redução do consumo de energia elétrica. Esta solução é a mais indicada para locais quentes e úmidos, mas que deve ser aplicada levando em consideração o vento dominante e a orientação solar local, para o seu melhor rendimento no ambiente construído.

## 8. BIBLIOGRAFIA

**Arquiteto Lelé - Obras**. Disponível em: <https://deborabonetto.com/2012/04/23/arquiteto-lele-obras/>
Acesso em: 22 ago. 2018.

ASHRAE.**Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. pp. 55. 2013.

BOWER, J. **– Understanding Ventilation: How to design, select, and install residential ventilation systems**, The Healtly House Institute, 1995.

BITTENCOURT, L; CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural**. Maceió: EDUFAL, 2006, vii, 163p. : il.

CAU/GO. **Entrevista inédita relembra o arquiteto Lelé**. Disponível em: < http://www.caugo.gov.br/entrevista-inedita-relembra-o-arquiteto-lele-2/ >. Acesso em: 28 ago. 2018.

COMO VER – O BLOG. **Lelé ganha medalha de ouro da FPAA (ou por que devemos prestar mais atenção em sua arquitetura)**. Disponível em: < http://comover-arq.blogspot.com/2012/08/lele-ganha-medalha-de-ouro-da-fpaa-ou.html >. Acesso: 28 ago. 2018.

ECA (European Collaborative Action). **Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure: Ventilation Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy**. Report 23, Joint Research Centre – Institute for Heath and Consumer Protection, European Commission, Office of Official Publication. Luxemburg, 2003.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. – **Manual de Conforto Térmico**, 6.ed., Studio Nobel, 2003.

GALERIA DA ARQUITETURA. **IPEL** Disponível em: < https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/sidonio-porto-arquitetos-associados_/ipel/2256>. Acesso em: 28 ago, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 7730. **Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices ans specification of conditions for thermal comfort**. Geneva., 2005.

JONES, J.; WEST, A.W. - **Natural Ventilation and Collaborative Design**, ASHRAE Journal, November 2001.

LAMBERTS,R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. – **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo. Prolivros, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS n° 3.523 de 28 de agosto de 1998.

**Moderno e sustentável**. Disponível em:< https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/sidonio-porto-arquitetos-associados_/ipel/2256>. Acesso em: 22 ago. 2018.

OMS- **Relatório anual de saúde 2011**. Disponível em: <http://www.who.int/whosis/whostat/ES_WHS2011_Full.pdf?ua=1>. Acesso em: 22 ago. 2018.

RE/ANVISA nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=899>. Acesso em: 21ago. 2018.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. Porto Alegre: DC. Luzzatto Editores Ltda, 1985.

SANTAMOURIS, Mat; WOUTERS, Peter. **Building Ventilation: The State of the Art**. Londres: Earthscan, 2006, 313p

TOLEDO, E. –**Ventilação natural das habitações**, Edufal, 1999.

## 9. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# GESTÃO DA QUALIDADE SONORA URBANA: INVENTÁRIO DA PAISAGEM SONORA CONTEMPORÂNEA DE ERECHIM (RS)

**Marcela Álvares Maciel**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Rodovia ERS 135 Km 72, 200. Zona Rural – Erechim (RS)
e-mail: marcela.maciel@uffs.edu.br

**Luan Vieira dos Santos**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Rodovia ERS 135 Km 72, 200. Zona Rural – Erechim (RS)
e-mail: luanvsantos@hotmail.com

**Ingrid Rodrigues de Oliveira**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Rodovia ERS 135 Km 72, 200. Zona Rural – Erechim (RS)
e-mail: *ingrid21rodrigues@hotmail.com*

***Resumo*** *A compreensão da paisagem sonora enquanto patrimônio imaterial das cidades contribuiu para o fortalecimento da noção de pertencimento de indivíduos a um lugar. Os estudos contemporâneos do ambiente sonoro vêm buscando a transcendência da abordagem tradicional da busca incessante pelo silêncio para o paradigma emergente da qualidade sonora, com destaque para o valor estético da paisagem sonora. Assim, neste trabalho apresenta-se como objetivo principal documentar a paisagem sonora contemporânea de Erechim. Para tanto, utiliza-se de uma abordagem quali-quantitativa, envolvendo métodos de etnografia sonora associados a métodos de medição acústica. Métodos de etnografia sonora contemplam atividades de passeio sonoro com analises perceptivas da ambiência acústica e gravações de áudios. Já nos métodos de medição acústica, destaca-se o estudo da distribuição espacial e temporal dos níveis de pressão sonora utilizando descritores sonoros. Para fins de levantamento de campo piloto, a coleta de dados foi realizada no período vespertino, tendo como grupo focal estudantes de Arquitetura e Urbanismo do primeiro ao quinto ano. Como principais resultados, destaca-se o inventário da paisagem sonora contemporânea de Erechim onde se concentram atividades culturais coletivas, com ênfase nos espaços livres públicos. É importante ressaltar que o registro da paisagem sonora apresenta-se, para além do fim patrimonial em si, como um instrumento metodológico para estudos urbanos da qualidade sonora urbana. Destaca-se a importância dos registros dos sons urbanos como parte fundamental para estudos da dimensão histórica dos fenômenos culturais e históricos das cidades. Portanto, o inventário da paisagem sonora das cidades apresenta-se como uma importante estratégia de gestão da qualidade ambiental das cidades* **.**

***Palavras-chave:*** *Etnografia Sonora, Acústica Urbana, Patrimônio Imaterial, Qualidade Ambiental.*

## 1. INTRODUÇÃO

A complexidade da gestão do ruído nas cidades não pode ser reduzida ao estudo dos níveis de pressão sonora, devendo incluir a percepção da qualidade da paisagem sonora. A compreensão da paisagem sonora enquanto patrimônio imaterial das cidades contribui para o fortalecimento da noção de pertencimento de indivíduos a um lugar. Para tanto, introduz-se o conceito de territórios sonoros como fundamento para a conservação de paisagens sonoras cotidianas a partir das interfaces teórico-metodológicas das abordagens conceituais denominadas paisagem sonora, patrimônio imaterial e territórios educativos.

Os bens culturais de natureza imaterial dizem respeito àquelas práticas e domínios da vida social que se manifestam em saberes, ofícios e modos de fazer; celebrações; formas de expressão cênicas, plásticas, musicais ou lúdicas e nos lugares, tais como mercados, feiras e santuários que abrigam práticas culturais coletivas. Assim, o patrimônio imaterial é enraizado no cotidiano das comunidades e vinculado ao seu território e as suas condições materiais (IPHAN, 2000).

O território sonoro é a delimitação de um espaço a partir dos sons que lhe são peculiares, isto é, onde as sonoridades cotidianas constituem-se como formas de expressão de um espaço vivido em comum; onde circulam emoções e simbolismos; onde se inscreve a memória coletiva; onde o tempo condensa-se no espaço (VEDANA, 2010). Nesse

sentido, é importante destacar que ideia de território subjacente a esse conceito refere-se a síntese dialética entre a materialidade e a imaterialidade do espaço.

Cada paisagem sonora natural apresenta sons peculiares, que com freqüência são tão originais que se constituem como marcos sonoros, que são sons especialmente significativos para uma comunidade (SCHAFER, 2001). O conceito de territórios sonoros como uma abordagem teórico-metodológica contempla um enquadramento de cenários delimitados por planos sonoros e profundidades acústicas, distinguindo a complexidade dos lugares para promoção do fortalecimento da noção de pertencimento de indivíduos a um lugar. Vedana (2010) considera os registros da utilização de instrumentos sonoros para a demarcação de territórios, tais como tambores, sinos ou a transmissão por ondas de rádio, como indícios da relação entre som, território e cultura. Destaca-se, nesse sentido, a contribuição dos marcos sonoros na determinação do caráter de comunidades.

Uma vez identificado um marco sonoro é preciso protegê-lo, já que os marcos sonoros tornam única a vida acústica de uma determinada comunidade. Segundo Rego (2011), as ações em prol do silenciamento de paisagens sonoras se comparam com a demolição de quadras históricas da cidade. Nesse contexto a autora aborda a necessidade da formação de uma estética da escuta urbana, para fins de distinção dentre a gama de sons da cidade descartáveis daqueles de valor patrimonial.

Uma tarefa prática da abordagem de territórios sonoros é direcionar sua atenção para os marcos sonoros de destaque, e, se houver uma boa razão para isso, lutar pela sua preservação. Ressalta-se, assim, o papel determinante do som na representação mental do espaço, na medida em que contribui de maneira decisiva para a leitura, organização e interpretação do mesmo. Acrescenta-se a isso ainda a contribuição da presença do som no processo mediante o qual os ambientes se convertem em lugares, imprimindo-lhes uma identidade própria, gerando múltiplos e variados sentimentos e sensações.

Assim, no presente trabalho propõe-se a realizar o inventário da paisagem sonora contemporânea de Erechim (RS), para identificação, registro e salvaguarda de territórios sonoros onde se concentram e reproduzem práticas culturais coletivas na cidade de Erechim (RS).

## 2. MÉTODO

Os principais componentes metodológicos para coleta de dados em estudos da paisagem sonora são: distribuição espacial; distribuição temporal; reações subjetivas e gravações (SCHAFER, 2001). Serão realizadas amostras de diferentes tipologias de paisagens sonoras culturais, tais como: feiras e mercados, praças e parques; agroindustrial; santuários; transportes; rural; domésticas. Utilizando a cidade de Erechim (RS) como estudo de caso, foram desenvolvidas atividades em três etapas, conforme descrição a seguir.

### 2.1 Etnografia Sonora

Este trabalho se realiza a partir das diretrizes da Convenção para a Salvaguarda do Patrimônio Cultural Imaterial (UNESCO, 2003) para a registro e catalogação científica do patrimônio cultural imaterial sonoro de uma localidade. Para tanto, utiliza-se de métodos de etnografia sonora (VEDANA, 2010; REGO, 2011). Permite-se assim a construção de arquivos documentais das paisagens sonoras para possibilitar sua preservação, estudo e posterior difusão. O inventário da paisagem sonora inicia-se com a realização de passeios sonoros pela cidade para avaliação da potencialidade do ambiente sonoro como objeto de gravação, simulando-se previamente o melhor percurso e o tempo, incluindo as pausas que visam destacar um ou outro conjunto sonoro.

Utilizando o método de Rego (2011), os passeios sonoros gravados são arquivados em mapas georreferenciados, representados por linhas e as gravações em ambiente sonoros são documentados por pontos no mapa da localidade. Para cada ambiente sonoro é criada um arquivo digital, composto por pastas de passeios sonoros (nomeadas por dia e hora de gravação) as quais compreendem as gravações, as fotos e as filmagens. As gravações utilizaram o gravador digital Zoom H1.

### 2.2 Medições acústicas

Métodos tradicionais de medição acústica são utilizados para fins de determinar a distribuição espacial e temporal a partir de medições acústicas em matriz de pontos de amostragem. Em cada ponto de medição acústica, as amostragens terão duração de 5 minutos, sendo registrados os níveis de pressão sonora nas ponderações A e C, acompanhados dos eventos sonoros mediante estratégias concomitantes de gravação sonora e escuta reduzida[1] conforme Teoria dos Objetos Sonoros de Pierre Schaeffer (MENEZES, 2009). A coleta de dados ocorreu no período vespertino, utilizando sonômetro tipo 1.

[1] A escuta reduzida refere-se à atenção singularmente no som e nas suas características tímbricas. sem preocupação sobre causa ou significado .

### 2.3 Testes subjetivos

Por fim, testes de qualidade sonora a partir de escuta semântica[2] serão realizados para interpretação de gradações estéticas (do intolerável ao excelente), de relevância perceptiva (do evento notado por todos os observadores ao evento imperceptível), bem como de limiar (inaceitável, limite e aceitável). Para tanto, o projeto piloto utiliza-se como grupo focal discentes do curso de Arquitetura e Urbanismo. Pretende-se assim, avaliar a qualidade sonora das paisagens urbanas de Erechim, utilizando como referência a proposta de norma ISO 12.913-2, *Acoustics – Soundscape – Data collection and reporting requirements*. (ISO, 2014).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 apresenta-se uma das áreas de levantamento localizada no centro da cidade de Erechim, com o percurso realizado nos passeios sonoros e os respectivos pontos de escuta. O passeio sonoro inicia-se na praça Júlio de Castilhos, sendo o ponto 1 localizado no playground da praça; o ponto 2 está localizado no terminal de transporte urbano; o ponto 3 está localizado na antiga estação ferroviária; o ponto 4 no mercado popular /feira produtor; o ponto 5 está localizado em área da antiga fábrica; o ponto 6 no santuário de São Pedro e o ponto 7 no comércio local, mais especificamente uma loja de produtos agropecuários.

Figura 1. Exemplo de pontos de inventário de paisagem sonora em Erechim

Na Figura 2 apresentam-se uma síntese dos níveis sonoros equivalentes nos pontos de escuta, concomitantes aos sons naturais, humanos e tecnológicos percebidos. Observa-se que os pontos de escuta de 5 a 7 apresentam o mesmo nível sonoro equivalente, mas paisagens sonoras diversas. Entende-se assim que a qualidade sonora das cidades envolve dimensões além do volume das emissões acústicas, contemplando, segundo Truax (1984) os três requisitos de projeto: (i) variação: uma paisagem sonora com alta qualidade contém muitos sons diferentes; (ii) complexidade acústica, isto é, sons monótonos e repetitivos não contribuem para uma paisagem sonora significativa; (iii) equilíbrio funcional acústico entre contexto espacial, temporal, social e cultural do entorno.

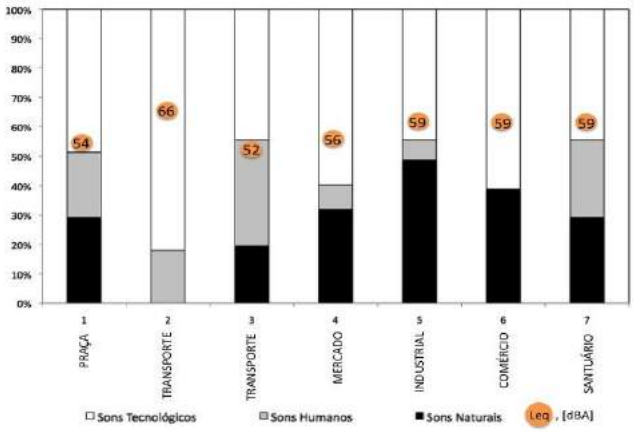



Figura 2. Síntese da paisagem sonora na área de levantamento.

2 Escuta baseada em conhecimento prévio e convenções culturais e sociais

Os resultados dos levantamentos também incluem fotos e áudios gravados das paisagens sonoras, com seus respectivos níveis sonoros nos pontos de levantamento. Esses dados serão disponibilizados futuramente em plataformas de acesso gratuito (Figura 3).

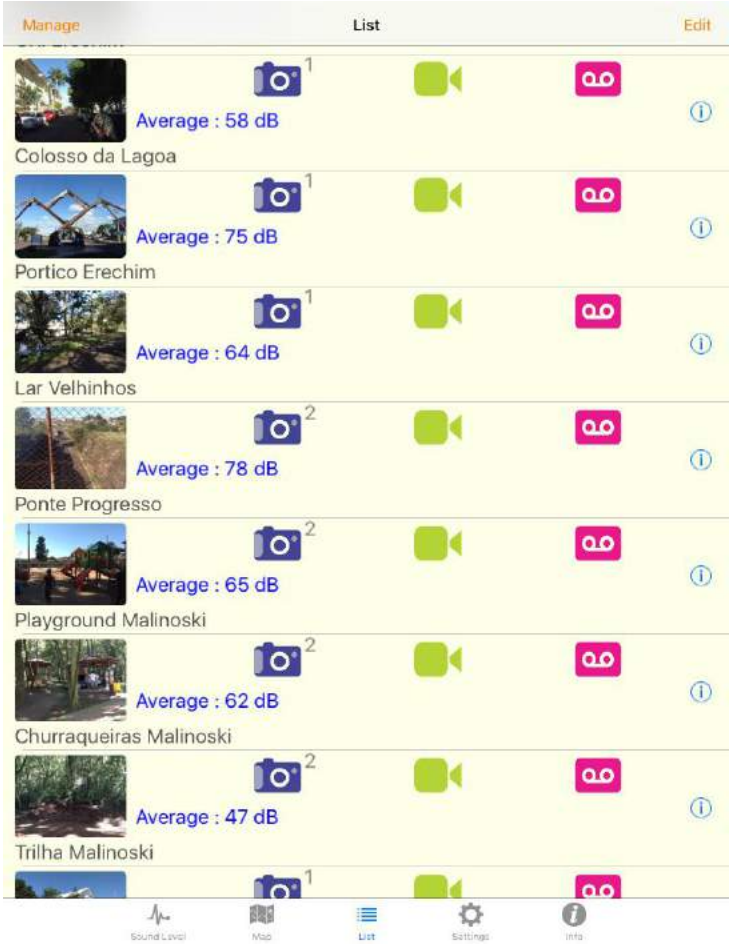



Figura 3. Lista de inventário da paisagem sonora

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a importância da paisagem sonora para a qualidade ambiental das cidades, destaca-se o conceito de qualidade sonora a partir do entendimento de que a qualidade acústica envolve dimensões além do tipo e da intensidade sonora. A qualidade sonora pode ser definida como a adequação de um som no contexto de uma meta ou tarefa técnica específica. Assim, destacam-se três aspectos principais: a compatibilidade estímulo-resposta, agradabilidade dos sons e identificação das fontes sonoras.

A qualidade da paisagem sonora pode ter efeitos a longo prazo sobre a qualidade de vida e saúde da população. O ser humano pode suportar grandes doses de stress, inclusive devido a poluição sonora, desde que tenham momentos de recuperação. Assim, a aplicabilidade do conhecimento de paisagem sonora ao planejamento urbano pode contribuir principalmente para o projeto de espaços urbanos de recuperação.

Destaca-se assim, a importância dos registros dos sons urbanos como parte fundamental para estudos ambientais, bem como da dimensão histórica dos fenômenos culturais e históricos das cidades. Portanto, o inventário da paisagem sonora das cidades apresenta-se como uma importante estratégia de gestão da qualidade ambiental das cidades .

## 5. AGRADECIMENTOS

A Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) e ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Agradecimento especial aos trinta e sete discentes do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFFS voluntários do projeto de pesquisa “Territórios Sonoros: indicadores de qualidade sonora urbana aplicados a inventários de patrimônio imaterial”.

## 6. REFERÊNCIAS

IPHAN, 2000. *Manual de aplicação do Inventário Nacional de Referências Culturais*. Brasília: IPHAN, 2000.
ISO, 2014. ISO 12.913: *Acoustics – Soundscape – Part 2: Data collection and reporting requirements*.
Rego, A. Q., 2011. Os sons como elementos de qualificação do ambiente: uma metodologia de registro e salvaguarda. In: *XI Encontro Nacional e VII Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído* – ENCAC 2011. Búzios, Brasil. *Anais*... Búzios, Brasil, 2011.
Schafer, R. M., 2001. *Afinação do mundo.* São Paulo: Editora UNESP, 2001.
Vedana, V., 2010. Territórios Sonoros e Ambiências: Etnografia Sonora e Antropologia Urbana. *Iluminuras,* v.11, n. 25, 2010.
Labelle, B., 2010. *Acoustic Territories: Sound Culture and Everyday Life*. New York: Continuum.
Menezes, F., 2009. *Música eletroacústica*. São Paulo: Edusp.
Orozco, R., 2016. *Acoustic territories as sites of memory.* Master Thesis (Creative Industries Master) – Faculty of Arts. Rabdoud University Nijmegen
Truax, B., 1984. Acoustic Communication. Ablex: New Jersey.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Arquitetura e Urbanismo: Desenvolvimento Sustentável

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO SOBRE A OBTENÇÃO DO SELO PROCEL EDIFICA PARA EDIFICAÇÕES

**Ana Paula Zulian,**
**Letícia Regina Pereira Banhara,**
**Guilherme Cezaro Munaretto,**
**Alessandro Emilio Valmorbida**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Campus II - Erechim / Brasil
anazulian@live.com
leti_0905@hotmail.com
guilhermemunaretto@gmail.com
alessandroev@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O Artigo se trata de uma revisão bibliográfica com base em anais de congressos, trabalhos do banco de dados digital de teses, artigos, que contribuem para a relevância deste material* ***.****Como proposta maior de construir conhecimento em relação a conceitos e práticas bioclimáticas, divulgar e apoiar a implantação da Regulamentação da Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001) e assim atrair o maior número de segmentos que estejam ligados a construção civil, neste artigo se buscou abordar de maneira simples mas objetiva através de um estudo, os principais aspectos necessários na obtenção do Selo Procel Edifica para Edificações Residenciais. A certificação que analisa questões relacionadas a envoltória, a iluminação e ao condicionamento de ar das edificações, visa proporcionar um melhor ambiente para o bem-estar dos trabalhadores e futuros moradores.*

**Palavras-chave: Edificações, Procel, Procel Edifica, Etiquetagem Ambiental**

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro de um contexto que envolve a humanidade, onde a questão da sustentabilidade se torna imprescindível para a continuidade das gerações atuais e futuras, surge a necessidade de buscar alternativas que venham a contribuir para um melhor desempenho no uso de recursos e serviços.

Neste sentido, as execuções de edificações são responsáveis por uma grande parcela do consumo de energia elétrica no país. Com as crises energéticas e com a tendência de um crescimento contínuo neste consumo, surgiu a necessidade de encontrar alternativas para diminuir os impactos ambientais.

Dentro deste contexto, foram criadas certificações ambientais que vem contribuir para equacionar este problema energético e ambiental, e uma destas certificações é a Procel Edifica, que está sendo aplicada na construção civil para reduzir o consumo de energia, além de torná-la mais sustentável.

Além disso, a certificação visa também melhorar o bem-estar dos trabalhadores e futuros moradores, e para isso verificar questões como a envoltória de uma edificação, ou seja, aquela que é um conjunto de camadas que separam o seu interior do exterior, e que tem uma relação com o seu desempenho energético e ao ser bem tratada e estudada irá trazer essa contribuição, demandando menos energia para atingir seu objetivo e influenciando diretamente na classificação de desempenho energético da edificação.

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma análise do modelo de certificação ambiental PROCEL EDIFICA, que está sendo aplicada na construção civil para reduzir o consumo de energia. Além disso, a certificação para edificações residenciais visa também características que melhorem o bem-estar dos trabalhadores e dos futuros moradores.

## 2. CONTEXTO HISTÓRICO

De acordo com Uchoa et. al. (2014) a revolução industrial alterou o equilíbrio ambiental do planeta, resultando em problemas ambientais e socioeconômicos, como o aumento dos níveis de desigualdade social. Até a década de 1970 o petróleo era a principal fonte de energia utilizada na indústria. Com a crise econômica, vários países passaram a desenvolver estratégias para superar esta dependência. Nos últimos anos, foram realizados debates e convenções, em esfera nacional e internacional, para discussão do tema Sustentabilidade. Constatou-se que o setor da Construção Civil é

um dos maiores consumidores de recursos naturais. Apesar dos esforços para conscientização, a construção civil, ainda hoje, é o maior gerador de resíduos (UCHOA et. al., 2014).

Fossati et. al. (2010) destaca que num momento em que cada vez mais as preocupações com as alterações climáticas, com o aquecimento global e com o futuro do planeta estão em debate, é notório que edifícios eficientes e a mudança nos padrões de consumo da população podem reduzir consideravelmente as alterações provocadas pelo homem no clima. Deste modo, vários países têm criado leis e incentivos, entre eles os sistemas de certificação ambiental, para estimular a construção de edifícios sustentáveis.

Para Buoro et. al., (2012), a aplicação de sistemas de avaliação ambiental praticada em edifícios é muito comum em outros países como: Europa, EUA, Canadá, Austrália e Japão.

No Brasil, o histórico das certificações ambientais é recente, e dentre outros selos existentes, destaca-se o seu próprio selo a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), desenvolvido pelo programa PROCEL EDIFICA, um sistema de etiquetagem de edifícios focado na eficiência energética, o qual vem ganhando espaço no mercado (MEDEIROS, 2013).

De acordo com Fossati et. al. (2010) os edifícios são responsáveis por parcela significativa do consumo de energia elétrica nacional – mais de 40% do total da energia utilizada no país em 2008. Esse aumento constante de energia levou à criação de medidas legais e de programas de avaliação e certificação visando à redução do consumo de energia no Brasil. Entre as certificações destacam-se: CASA AZUL, AQUA, PROCEL EDIFICA, etc.

## 3. PROCEL EDIFICA

Conforme descrito no Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações – PBE, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL foi criado em 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, e gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobrás. A missão do Procel é promover a eficiência energética, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e eficiência dos bens e serviços, reduzindo os impactos ambientais. A partir desta estrutura foi criado em 2003 o PROCEL Edifica com o objetivo de construir as bases necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações brasileiras.

O Procel Edifica foi instituído pela Eletrobrás/Procel e atua de forma conjunta com o Ministérios de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as Universidades, os Centros de Pesquisa e Entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil (PBE EDIFICA, 2018).

De acordo com Guerra (2014), o Procel Edifica tem como objetivos divulgar e estimular a aplicação dos conceitos de eficiência energética em edificações, apoiar a viabilização da Lei de Eficiência Energética (10.295/2001) no que concerne a edificações eficientes e contribuir para a expansão energeticamente eficiente do parque habitacional do pais.

Segundo Nascimento et al (2010) o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Estima-se um potencial de redução deste consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações.

Nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Enquanto nas Unidades Habitacionais são avaliados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água. (PROCEL INFO, 2018)

Este selo busca orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética em cada categoria, proporcionando assim economia em sua conta de energia elétrica. A adesão das empresas é voluntária, mas tem sido crescente, visto que o consumidor brasileiro já busca habitualmente esta informação nos produtos, especialmente em itens de maior consumo. Atualmente existem 32 categorias de produtos, como refrigeradores, lâmpadas, aparelhos de ares-condicionados e sistemas de aquecimento solar. (MOURA,2013)

### 3.1 Metas

Como metas para a implantação deste programa, Nascimento et al (2010) ressalta o desenvolvimento de um conjunto de projetos visando:

• Investir em capacitação tecnológica e profissional, estimulando a pesquisa e o desenvolvimento de soluções adaptadas à realidade brasileira, de forma a reduzir o consumo de energia elétrica nas edificações;

• Atrair um número cada vez maior de parceiros ligados aos diversos segmentos da construção civil, melhorando a qualidade e a eficiência das edificações brasileiras;

• Divulgar os conceitos e práticas bioclimáticas, por meio da inserção do tema conforto ambiental e eficiência energética nos cursos de Arquitetura e Engenharia, formando uma nova geração de profissionais compromissados com o desenvolvimento sustentável do País;

• Apoiar a implantação da Regulamentação da Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001) no que toca às Edificações Brasileiras, além de orientar tecnicamente os agentes envolvidos e técnicos de prefeituras, para adequar seus códigos de obras e planos diretores.

.

### 3.2 Etiquetas Residenciais

Edificações residenciais são caracterizadas por possuírem fins habitacionais, que contenham espaços destinados ao repouso, alimentação, serviços domésticos e higiene, não podendo haver predominância de atividades como comércio, escolas, associações ou instituições de diversos tipos, prestação de serviços, diversão, preparação e venda de alimentos, escritórios e serviços de hospedagem, sejam eles hotéis, motéis, pousadas, apart-hotéis ou similares. No caso de edificações de uso misto, que possuem ocupação diversificada englobando mais de um uso, estes devem ser avaliados separadamente. (PBE EDIFICA, 2018)

Conforme Uchoa et al (2014) a concessão da etiqueta PROCEL EDIFICA pode ser conferida em duas ocasiões, podendo ser na fase de projeto ou após edificação construída, o que irá influenciar o método de análise. Na primeira situação é aplicado o método prescritivo ou o método da simulação, enquanto a edificação já executada deverá ser avaliada através de inspeção presencial.

Neste sentido, o PBE descreve que a inspeção de projeto pode ser feita segundo dois métodos – prescritivo e simulação termo-energética, conforme figura 1, enquanto a inspeção da edificação construída deve ser feita através da inspeção amostral in loco.

O método prescritivo para inspeção de projeto contém equações e tabelas que limitam parâmetros da edificação de acordo com o nível de eficiência energética.

Já o método de simulação se baseia na simulação termo-energética de um modelo do edifício real (proposto em projeto) e modelos de referência elaborados com parâmetros baseados no método prescritivo.

A classificação é feita comparando-se os consumos anuais de energia elétrica obtidos nas simulações para cada modelo.

Figura 01. Métodos prescritivo e de simulação.
Fonte: Guerra (2014).

No caso de etiquetas residenciais existem 3 tipos conforme figura 2, divididas em:

- ENCE das Unidades Habitacionais Autônomas;
- ENCE das Edificações Multifamiliares e a;
- ENCE das Áreas de uso comum. (PBE EDIFICA, 2018)

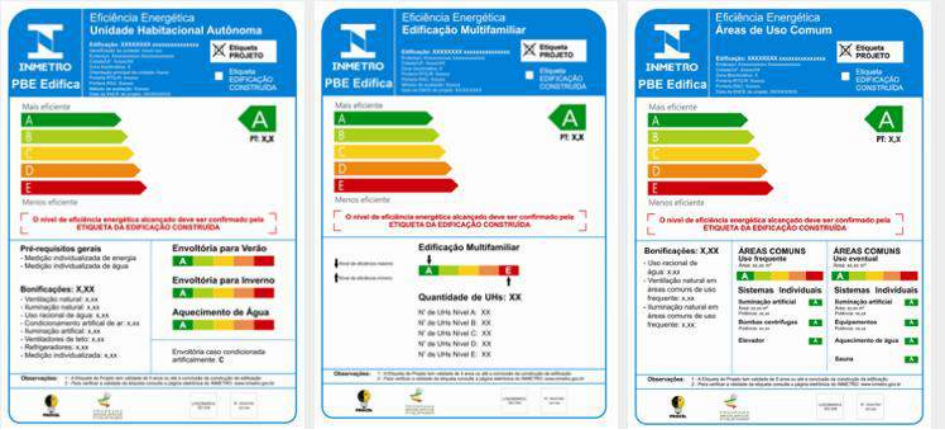



Figura 02. Etiquetas residenciais
Fonte: (PBE EDIFICA, 2018)

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações é concedida com base num processo de inspeção no qual a edificação é classificada numa escala de 5 níveis de eficiência energética de “A” a “E”, sendo o nível “A” para as edificações mais eficientes e o “E” para as menos eficientes, conforme demonstrado na Figura 03.

De acordo com o RTQ-R, nos edifícios residências são avaliados a envoltória e o sistema de aquecimento de água, além dos sistemas presentes nas áreas comuns dos edifícios multifamiliares, como iluminação, elevadores, bombas centrífugas, entre outros (GUERRA, 2014).

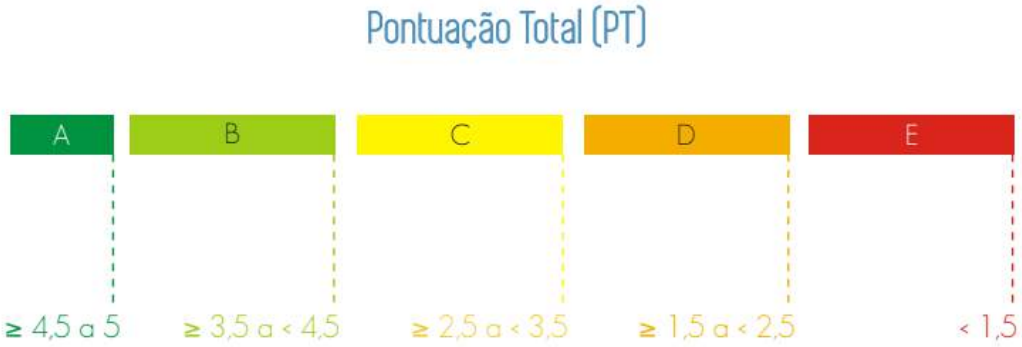



Figura.03 Pontuação Total
Fonte: Guerra (2014).

### 3.3 OIA (Organismo de Inspeção Acreditado)

Conforme Guerra (2014) a avaliação da conformidade com os requisitos técnicos para classificação do nível de eficiência energética da edificação deverá ser feita por um organismo de avaliação da conformidade, acreditado pelo Inmetro.

A acreditação de OIAs é realizada pela Divisão de Acreditação de Organismos de Certificação (Dicor/Inmetro), que realiza as atividades para reconhecer a competência técnica dos organismos de avaliação da conformidade que executam certificações de produtos, sistemas de gestão, pessoas, processos ou serviços, para isto, utiliza programas de acreditação, estabelecidos em Normas, cujos requisitos devem ser atendidos, plenamente, pelos solicitantes. Esta acreditação engloba as modalidades: produtos, pessoas e sistemas de gestão. Para o PBE - Programa de Eficiência Energética em Edificações, o OIA é legalmente habilitado a emitir Etiquetas, segundo o seu escopo de acreditação.

### 3.4 Vantagens

De acordo com o PBE a etiquetagem de edificações proporciona o conhecimento do nível de eficiência energética das edificações. Possibilitando o crescimento econômico do país com controle do crescimento do consumo de energia. Para os consumidores, a etiquetagem se torna um diferencial para a compra de um imóvel, permitindo comparar os níveis de eficiência uma edificação e outra. Já para o Governo possibilita o conhecimento do desempenho energético do parque edilício, permitindo o controle e a orientação de novas políticas, programas ou projetos para a promoção da eficiência energética das edificações brasileiras.

### 3.5 Incentivos e Cursos

Conforme dados do PBE, o BNDES abriu uma linha de crédito para MPMEs (Micro, Pequenas e Médias Empresas) que invistam em atividades inovadoras. O objetivo é apoiar projetos tendo em vista a implantação, a modernização, o aumento da produtividade e da eficiência do setor de comércio e serviços e do Complexo Turístico Nacional. O Banco Nacional do desenvolvimento também lançou um programa que visou financiar a construção, reforma, ampliação e modernização de hotéis que obtenham certificação de eficiência energética nível "A.

A Eletrobras/PROCEL possui Convênio com a R3E, formada por 12 laboratórios presentes em Universidades brasileiras distribuídas nas cinco regiões do país: UFRN, UFAL, UFF, UFMG, UNB, UFPEL, UFV, UNICAMP, UFSC, UFMS, UFC, UFPA. Esses laboratórios realizam pesquisas e capacitações sobre etiquetagem e formação de consultores em eficiência energética (PBE EDIFICA, 2018).

## 4. CONCLUSÃO

O atual desafio é suprir as necessidades energéticas para o desenvolvimento sustentável, minimizando os impactos ambientais e problemas climáticos globais. Neste contexto surge o programa Procel Edifica, que visa a eficiência energética em edificações (economia de energia sem a perda de qualidade), resultando na diminuição dos impactos que a construção civil gera ao meio ambiente.

Esta certificação estimula e impõe que as empresas imobiliárias e profissionais adquiram maior responsabilidade ambiental e invistam em tecnologias limpas nos seus projetos. Os investimentos em alternativas sustentáveis estão cada vez mais sendo valorizados pelos consumidores.

Para o crescimento da obtenção do selo Procel Edifica deve-se ter uma maior divulgação por parte do Governo e Universidades, assim como maior estimulo para que os profissionais se qualifiquem nessa área ajudando assim na difusão dos ideais sustentáveis.

## 5. REFERÊNCIAS

Buoro, Anarrita bueno; Hernandes Neto, Alberto; Gonçalves, Joana Carla. "Edifícios certificados e o seu real desempenho ambiental: será que possuem bons resultados também durante a fase de uso?" In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XIV ENCAC, 2012, Juiz de Fora. **Anais... .** Juiz de Fora: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012. p. 0391 - 0400.

Medeiros, Ygor Moreira. "A Contribuição das Certificações como Instrumentos Voluntários para a Avaliação da Sustentabilidade de Projetos Urbanos",2013. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Uchoa, Gabriela; Macêdo, Lívia; Bartz, Cíntia, 2014. "A avaliação da construção sustentável no Brasil – métodos". .Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_422.pdf>.Acesso em: 01 Ago. 2018

Nascimento, Admilson Lima; Maciel, Evandro, 2010. "Certificado ambiental de edifícios Aqua, Leed e Procel Edifica".Disponìvel em : <https://www.procobre.org/pt/wp-content/uploads/sites/4/2018/03/eet09-certificado-ambiental-edif-cios-aqua-leed-procel-edifica.pdf>.Acesso em: 05 Ago. 2018

Procel Info, 2018. "Selo Procel Edificações".. Dispinível em:<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C} >.Acesso em: 20 Ago. 2018

PBE EDIFICA, 2018. "O que é a etiqueta PBE Edifica?".. Disponível em:< http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>. Acesso em : 13 Ago. 2018

RQT-R (PBE EDIFICA, 2018). "Técnico da Qualidade para Nível de Efici~encia Energética de Edificações Residenciais".Disponível em:<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial >.Acesso em: 25 Ago. 2018.

Fogaça, Jennifer Rocha Vargas. "O que é sustentabilidade?"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-sustentabilidade.htm>. Acesso em: 08 Set.2018.

Moura,Adriana Maria Magalhães,2013." O mecanismo de rotulagem ambiental: Perspectivas de aplicação no Brasil".Disponível em : http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5655/1/BRU_n07_mecanismo.pdf. Acesso em: 07 Set. 2018

Arquitetura e urbanismo sustentável: estratégias e projetos para a promoção da eficiência energética e do conforto ambiental / organizadores José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra ... [et al.] – Florianópolis: Consórcio Projeto REGSA, 2014.

Fossati, Micheli; Lamberts, Roberto. "Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C". In Ambiente Construído, 2010, v. 10, n. 2, p. 59-69, Porto Alegre, Brasil.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A CONCEPÇÃO DO "RETROFIT" NOS PROCESSOS DE CICLO DE VIDA E SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES

**Guilherme Cezaro Munaretto**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
guilhermemunaretto@gmail.com

**Ana Paula Zulian**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
*anazulian@live.com*

**Letícia Regina Pereira Banhara**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
*leti_0905@hotmail.com*

**Alessandro Emilio Valmorbida**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
alessandroev@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este estudo tem como propósito descrever de forma objetiva a concepção do "retrofit" nos processos de ciclo de vida e sustentabilidade em edificações, que por sua vez vem a contribuir em um contexto onde se faz necessária a preservação e revitalização do que já é existente, tornando-se grande facilitador quanto às soluções necessárias para que possam atender ao mercado consumidor, fornecendo uma conceituação e conhecimento básico sobre sua aplicação. Neste contexto, busca-se abordar conceitos importantes como Ciclo de Vida das edificações, assim como questões relacionadas a Sustentabilidade, pois estas fornecem uma diretriz básica de como o "retrofit" interage com sistemas de longevidade em edificações e como se inserem em um contexto sustentável.*

***Palavras Chave:*** *"Retrofit", Sustentabilidade, Ciclo de vida útil.*

## 1. INTRODUÇÃO

Conceber um processo de revitalização no que não apresenta mais características de bom estado de conservação torna-se uma tarefa árdua e que requer técnicas adequadas, surgindo neste sentido este estilo que talvez não se tenha falado tanto na atualidade como é o caso do "retrofit".

O conceito de "retrofit", conforme cita o arquiteto Campos (2016), onde "retro", do latim, significa movimentar-se para trás e fit, do inglês, adaptação, ajuste, teve seu nascimento ao final da década de 90 nos Estados Unidos e na Europa e que inicialmente o termo foi utilizado na indústria aeronáutica e referia-se à atualização de aeronaves, aos novos e modernos equipamentos disponíveis no mercado e, com o passar do tempo, começou a ser empregado, também na Construção Civil.

As intervenções rotineiras são muito comuns em qualquer edificação, porém quando falamos em acréscimo de novas tecnologias o "retrofit" tem se tornado um estilo arquitetônico capaz de dar novas configurações, trazendo benefícios aos usuários como a possibilidade de novos confortos, para as edificações, aumentando sua vida útil, e ainda fornece um viés sustentável, pois pode se aproveitar de novas tecnologias, fazendo o aproveitamento de antigas edificações.

E como a ideia de uma intervenção é tornar a edificação moderna e além disso a atualização da mesma procurando deixá-la contemporânea como forma de valorização, e assim contribuir com sua vida útil, seu conforto e aspectos funcionais com a incorporação destes avanços tecnológicos.

Segundo Barrientos *et al.* (2004), para se utilizar deste processo de "retrofit", deve-se realizar um estudo complexo em relação a todos os elementos que fazem parte do sistema, e neste sentido atentar para rigor e minúcia na sua execução, onde irá exigir o uso de técnicas e procedimentos que são muito diferentes dos convencionalmente aplicados.

E Rocha *et al.* (2001), acrescenta que a ideia em foco diz respeito ao processo de modernização e atualização de edificações, visando torná-las contemporâneas, valorizando os edifícios antigos, prolongando sua vida útil, seu conforto e funcionalidade através da incorporação de avanços tecnológicos e da utilização de materiais de última geração.

Ainda visa descrever sobre a concepção do "retrofit" nos processos de ciclo de vida e sustentabilidade em edificações, que por sua vez vem a contribuir em um contexto onde se faz necessária a preservação e revitalização do

que já é existente, tornando-se grande facilitador quanto às soluções necessárias para que possam atender ao mercado consumidor.

## 2. METODOLOGIA

O presente artigo discorre sobre uma pesquisa bibliográfica que teve como principal fonte artigos publicados em anais de congressos, trabalho do banco de dados digital de teses, normas de associações como por exemplo ABNT e ainda pesquisas diversas em sites da internet.

## 3. CICLO DE VIDA EM UMA EDIFICAÇÃO

Sendo objeto de grande importância nos dias atuais e de exigência normativa, o ciclo de vida de uma edificação de um modo geral chama a atenção, pois exige um estudo minucioso de todas as partes da obra, iniciando com a concepção do projeto passando pelo decorrer de sua vida útil (GROSSO *et al.*, 2015).

Em se tratando do termo vida útil, a norma NBR 15.575 em sua parte 1, conceitua dois termos importantes: vida útil e vida útil de projeto. Sendo o primeiro, o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção e estes por sua vez devem estar especificados em um respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção, não podendo ser confundida com prazo de garantia legal e certificada. E o Segundo, o período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação.

Neste sentido, a NBR 15.575, define que o projeto deve especificar o valor teórico para a Vida Útil de Projeto (VUP) para cada um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos na figura 1, e deve ser elaborado para que os sistemas tenham uma durabilidade potencial compatível com a Vida Útil de Projeto (VUP).

| **Sistema** | **VUP mínima anos** |
|---|---|
| Estrutura | ≥ 50 segundo ABNT NBR 8681-2003 |
| Pisos internos | ≥ 13 |
| Vedação vertical externa | ≥ 40 |
| Vedação vertical interna | ≥ 20 |
| Cobertura | ≥ 20 |
| Hidrossanitário | ≥ 20 |

* Considerando periodicidade e processos de manutenção especificados no respectivo *Manual de Uso, Operação e Manutenção* entregue ao usuário elaborado em atendimento à norma NBR 5674.

Figura 1. Tabela da vida útil de projeto (VUP),
Fonte: NBR 15.575

Todas as etapas da construção de uma edificação têm relativa importância, e para que seja acrescentado vida útil deve-se ter um planejamento quanto ao “local de implantação e os objetivos funcionais, sociais e econômicos a serem atendidos, pois elementos projetuais podem ser tão importantes quanto os elementos construtivos (GROSSO *et al.*, 2015).

Da mesma forma, Grosso *et al.*, (2015), cita ainda que a correta concepção de ideias e o equilíbrio entre as questões: “o que fazer” e “como fazer” tem intensidade direta no benefício que uma edificação possa trazer para o bem estar de seus usuários.

O início da construção propriamente dita marca a fase onde é mais perceptível o impacto ao ambiente e deve estar ligada ao conceito de boa construção, racionalização de materiais além de utilizar ferramentas de tecnologia avançada, afim de que possam ser garantidos grandes níveis de desempenho, possibilitando assim uma maior vida útil da estrutura.

Objetivo de qualquer construção, a parte que poderíamos chamar de final trata a respeito de sua utilização. Em geral as construções são executadas para que atendam a um mínimo de vida útil, mas a correta manutenção e utilização de materiais apropriados para cada tipo de intervenção também colaboram para que a vida da edificação seja maior.

Uma técnica que atualmente esta sendo utilizada com a finalidade de intervenção e que possibilita uma nova reconfiguração de edifícios e uma contribuição no seu ciclo de vida é o “retrofit”, que consiste em uma técnica de

IV CONIGTI: 4th International Congress of Management, Technology and Innovation October 01-06, 2018, Erechim, RS, Brazil

inserção de novos materiais ou componentes de alta tecnologia, afim de que estes possam aumentar o conforto e qualidade de vida, além de um novo padrão estético.

Por fim, mas não menos importante é fase final de uma edificação, ou seja, quando não é mais possível sua utilização, quando vai ser substituída por uma nova construção, ou ainda quando apenas será demolida. Esta deve oferecer maneiras de que seus materiais possam ser reciclados ou reutilizados. O correto descarte dos resíduos gerados em obras e dos resíduos gerados por suas intervenções devem ser feitos de forma adequada a cada situação e material, pois em muitos casos materiais em grande qualidade são simplesmente jogados em aterros, o que acarreta problemas ambientais, aumentando os custos das obras em geral, além de ir contra os critérios de boa construção.

## 4. SUSTENTABILIDADE

Cada vez mais presente em nosso vocabulário, o sentido de sustentabilidade na construção civil está voltado desde os métodos conceptivos até os resultados que uma construção pode apresentar. Com os desafios em que os profissionais da construção civil estão inseridos atualmente é necessário saber racionar e buscar as melhores opções para cada projeto em particular.

Cada vez mais o mercado consumidor gera expectativas quanto aos produtos que irão adquirir, sendo que no mercado imobiliário são produzidos bens de alta durabilidade e que são utilizados por todas as pessoas todos os dias. Criam-se novas necessidades sobre os produtos comprados e este é um desafio que os profissionais da área de projetos e de gestão buscam atender.

A utilização de soluções inovadoras e de materiais de alta tecnologia, que geram conforto e qualidade de vida aos usuários, se fazem cada vez mais presentes em empreendimentos da construção elevando valores e criando demandas, mas de nada vale isso se o impacto ao meio ambiente é traduzido em altos índices. Para Grosso et. al. (2015), "cerca de 50% dos recursos naturais e 40% dos insumos energéticos de todas as fontes" extraídos na natureza ou gerados por meios produtivos são utilizados na construção civil em todo o mundo.

O aparecimento de algumas alternativas principalmente oriundas de novas tecnologias, juntamente com as novas exigências e novas legislações, faz com que as atividades relacionadas à construção civil tenham um parâmetro a seguir, proporcionando maior respeito com o meio em que estão inseridas, sejam com a natureza em geral, ou com os condicionantes do entorno.

Leis protegem o meio ambiente em geral, seja regulamentando ou criando condições para um bem estar geral. As normas de forma geral fornecem diretrizes quanto à geração e utilização de recursos.

Ainda, segundo Grosso (2015), fatores que agregam valor as edificações e as tornam mais sustentáveis são os diversos sistemas de certificações ambientais. Estes sistemas tem o objetivo de promover os empreendimentos que nela se enquadram reduzindo os impactos ambientais gerados pelas construções. São concebidos aos empreendimentos que reconhecidamente seguiram ao sistema de certificação. Alguns dos sistemas de certificação presentes no Brasil são a Certificação AQUA, Certificação Procel Edifica e GBS Brasil.

As boas práticas na construção civil também são grandes influenciadores da sustentabilidade, e em muitos casos se apropriam de técnicas e atributos caseiros como, por exemplo, o consumo racional de água ou de matérias de grande geração de poluição como aço e cimento. Alguns outros se utilizam de critérios mais avançados como a correta utilização das quantidades de cada tipo de material em uma edificação.

## 5. O USO DO "RETROFIT"

Com já citado por outros autores e agora na concepção de Grosso *et al.* (2015), o conceito de "retrofit" consiste no tratamento de uma edificação usando técnicas e matérias de alta tecnologia para gerar maior qualidade de vida aos usuários, mantendo as características da edificação em questão.

Este é um estilo arquitetônico muito utilizado em países da Europa e também nos Estados Unidos, em que se buscou uma oportunidade da preservação do patrimônio antigo, ao mesmo tempo em que consegue modernizar as edificações dando novos usos com a instalação de novas tecnologias. Nasceu no final do século passado e esta ganhando cada vez mais espaço frente ao mercado da construção (MORAES *et al.*, 2012).

Oliveira (2007) comenta que a utilização das edificações existentes também esta voltada para um viés de sustentabilidade, pois na prática do "retrofit" é necessário preservar a edificação existente, fazendo inserções de componentes modernos e inovadores, podendo ou não dar um novo uso ao imóvel.

A técnica permite se sejam feitas adaptações de forma que se tornem possíveis às edificações antigas atendam a novos parâmetros técnicos e normas que entraram em aplicação após sua construção.

Conforme Filho (2018), devem ser levadas em consideração as normas atuais para a realização de um "retrofit" e os materiais que são utilizados devem ser padronizados e certificados quanto à origem e qualidade.

Tem sido muito discutida atualmente a participação que a construção civil tem com relação ao consumo de matérias-primas naturais como água, madeira, entre outros. Desta forma, a busca pela modernização se torna viável a partir do momento em que as edificações antigas são mantidas, sofrendo apenas as intervenções pertinentes enquanto que grande parte dos recursos é mantida intacta.

Este sistema esta sendo empregado com sucesso, mantendo custos de construção mais baixos evitando transtornos proporcionados pela construção de empreendimentos, sem falar que normalmente estão inseridos em áreas centrais, que são mais atrativas ao público.

Tem por objetivo fazer a atualização dos imóveis de forma que se tornem confortáveis aos padrões atuais, trazendo mais funcionalidade as edificações e melhorando a qualidade de vida dos usuários, ou seja, permitem que novas tecnologias possam ser empregadas nas edificações como, por exemplo, a utilização de fachadas envidraçadas, utilização de novos cabeamentos de rede, internet etc. ou ainda inserção de equipamentos como elevadores, ar-condicionado entre outros, para tanto devem manter as características da edificação sendo incrementados apenas o que for necessário para as melhorias (ESTEVES *et al.*, 2009).

Na figura 2, pode ser visualizado um exemplo de uma construção que passou por um processo de “retrofit”, citado no site Construção Mercado da Pini (2018), que é a antiga loja de departamentos Mesbla, que fechou as portas em 1999 e se transformou no Sesc 24 de Maio em São Paulo-SP, inaugurado em 2017, sendo um projeto do escritório MMBB, conduzido pelo arquiteto Paulo Mendes da Rocha, com colaboração de Fernando Mello Franco, Marta Moreira e Milton Braga, e está localizado a poucos metros do Teatro Municipal, do Viaduto do Chá e da Praça da República. O prédio original foi inaugurado em 1941 e já estava na mira do Sesc desde a falência oficial do magazine em 2001.

Ainda na Construção Mercado da Pini (2018), o arquiteto Braga explica que um dos maiores desafios da obra foi também uma vantagem: o acesso reduzido ao local. “As ruas estreitas do entorno não suportavam um canteiro tão grande quanto a obra demandava. O retrofit contribuiu para o maior aproveitamento de todo o material existente”, comenta.

Figura 2. Exemplo de uma construção que passou por um processo de “retrofit”
Fonte: Construção Mercado (2018)

Esta técnica de modernização que é o “retrofit” também pode colaborar com a questão do ciclo de vida das edificações, pois permite que sejam feitas adequações pertinentes, com emprego de materiais mais modernos e de alta durabilidade.

Alguns dos principais casos desta técnica estão relacionados ao incremento de sistema de energia e de comunicações e segundo Moraes *et al.*, (2012 p. 4239), “identificar e entender os problemas existentes, para posteriormente, elaborar um “plano” para solucioná-lo”, são etapas que o “retrofit” deve seguir a fim de conseguir maior efetividade nos resultados finais. O uso de internet e de sistema de comunicação por cabos é em geral recente perante a parte das construções mais antigas e uma maneira de que estas edificações sejam trazidas para um contexto funcional e moderno é através do “retrofit”.

A utilização de novos sistemas em edificações antigas devem respeitar as legislações e normas técnicas pertinentes a cada caso (FILHO, 2018), enquanto que o emprego de técnicas de boa construção aliado se possível a sistemas de certificação vem a colaborar com o critério de sustentabilidade, preservação do existe e ainda acréscimo na vida útil dos empreendimentos.

IV CONIGTI: 4th International Congress of Management, Technology and Innovation October 01-06, 2018, Erechim, RS, Brazil

## 6. CONCLUSÕES

A busca de soluções inovadoras que possam reduzir os impactos ambientais esta cada vez mais ligada ao setor da construção civil, e cabe a todos os envolvidos a quebra de paradigma de que construir mais para construir melhor. As fontes de tecnologia se mostram cada vez mais confiáveis e se tornam cada mais acessíveis facilitando suas utilizações em edificações.

As melhorias na qualidade de vida e conforto dos usuários são provenientes da modernidade e padrões construtivos obsoletos devem ser substituídos com o passar do tempo. É imprescindível que seja mantido o meio em que vivemos da melhor forma possível, a fim de deixarmos para as futuras gerações algo melhor do que nos foi deixado.

Dessa forma a utilização do conceito de "retrofit" se mostra eficiente na medida em que preserva edificações antigas, agregando valor e conforto, tornando-as mais funcionais e confortáveis, valorizando imóveis e seus entornos, e principalmente contribuindo na sua vida útil.

## 7. REFERÊNCIAS

ABNT, 2013. NBR 15575-1: "Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais." Rio de Janeiro, Brasil.

Barrientos, M.I.,. "Retrofit" de edificações: Um estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais " Rio de Janeiro, 2004. 170 p Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, PROARQ – FAU-UFRJ.

CAMPOS, I. (2016). O que é "retrofit"? IBDA: Fórum da Construção. 2016. Disponível em: . <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=22&Cod=60>. Acesso em: 04 ago 2018.

CONSTRUÇÃO MERCADO. Três casos em São Paulo mostram por que o retrofit é uma opção econômica de conservação do patrimônio histórico em áreas de potencial construtivo esgotado. Disponível em: <https://construcaomercado.pini.com.br/2018/04/retrofit-obra-rentavel-cidade-renovada/>. Acesso em 04 de ago 2018.

Esteves, A.P.C, e Lomardo, L. L,B., 2009. O "retrofit" de edificações tombadas: possíveis caminhos para a atualização tecnológicas de fachadas modernistas e a reforma do edifício IRB. Niterói, Brasil.

FILHO, J.R., 2018." Revista Jornal da Instalação". Normas e dimensionamentos são importantes para "retrofit" em instalação elétrica. <http://www.jornaldainstalacao.com.br/img/artigos/Lumiere_162.pdf>. Acesso em: 04 ago 2018.

Grosso, M.; Santos, J. e Evangelista, A.C, 2015. "As obras de "retrofit" sob a visão da sustentabilidade" IV CIRMARE – Congresso internacional na "recuperação, manutenção e restauração de edifícios". Rio de Janeiro, Brasil.

Moraes, V.T.F. e Quelhas, O.L.G D.Se, 2012. "retrofit": criação e implantação de estratégias sustentáveis no uso e manutenção de edificações existentes. XIV ENTAC – Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Juiz de Fora, Brasil.

Oliveira, P.O, 2007. A importância do "retrofit" na fortificação do conceito de sustentabilidade e na conservação de edifícios históricos. Em Anais do 3º Seminário Projetar. Porto Alegre, Brasil.

Rocha, M. H. , QualharinI, E. L., "Modelagem gerencial de sistemas de manutenção predial em edificações históricas". In : Construção 2001, p.137-144, Lisboa, dezembro de 2001.

## 8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A MADEIRA NA ARQUITETURA DE ERECHIM: HISTÓRICO E POTENCIALIDADES PARA O FUTURO

**Guilherme Cezaro Munaretto**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
guilhermemunaretto@gmail.com

**Calisiani Catiani Azzolini**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
caliazzolini@outlook.com

**Tainara Conte**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
taai_conte@hotmail.com

**Natalia Nakadomari Bula**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
nataliabula@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo deste artigo é de discutir o uso da madeira como material de construção na cidade de Erechim/RS. Por meio de pesquisa bibliográfica descreve um breve histórico sobre o desenvolvimento da arquitetura e madeira no município, seguida de uma análise sobre a decadência de seu uso. Ao fim trata-se das formas atuais de construção com madeira, sendo como mais utilizada a técnica de wood frame, ressaltando as principais qualidades da madeira e descrevendo as potencialidades do uso deste material em relação a outros utilizados mais frequentemente na construção civil. São apresentadas algumas ações que podem incentivar o uso da madeira em Erechim, desde a conscientização, treinamento e capacitação até mudanças na legislação do município.*

***Palavras Chave:*** *Madeira, arquitetura, wood frame, Erechim.*

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira tem grande potencial para a arquitetura, pode ser utilizada desde elementos estruturais aos revestimentos e mobiliário. Com a crescente preocupação com o meio ambiente, torna-se uma alternativa atraente, pois é um material renovável e seu processo produtivo tem baixo impacto energético quando comparado com outros materiais – como o tijolo, concreto ou vidro – comumente utilizados na construção civil (Pinto, 2001).

Historicamente, este material serviu como precursor para a formação da cidade que atualmente recebe o nome de Erechim, localizada na região do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul. Neste período, a extração da Erva Mate e a indústria madeireira eram as principais rendas encontradas nos anos iniciais da cidade, por isso as edificações na época, em sua maioria eram construídas com este material (Pereira *et al.*, 2014).

Neste artigo discute-se o uso da madeira na cidade de Erechim desde sua formação, passando por sua decadência e por fim com as potencialidades trazidas por pesquisas na área com novas tecnologias desde o processo produtivo da madeira até técnicas o *wood frame*.

## 2. METODOLOGIA

O presente artigo discorre sobre uma pesquisa bibliográfica que teve como fonte livros, artigos publicados em anais de congressos, trabalhos do banco de dados digital de teses e ainda pesquisas diversas em páginas da internet. A pesquisa bibliográfica teve dois grandes eixos, sendo o primeiro a cidade de Erechim e sua arquitetura em madeira e o segundo as novas tecnologias em construção com madeira.

## 3. FORMAÇÃO DA CIDADE DE ERECHIM

Desde a sua fundação o município de Erechim, na época conhecida como colônia de Paiol Grande, teve como principal atividade econômica à comercialização de madeira, principalmente de pinheiros de "araucária", que eram encontrados em abundância na região, além do cultivo da erva-mate. Durante cerca de 40 anos, estas foram praticamente às únicas atividades produtoras de renda na região, a qual sofreu um declínio por volta dos anos de 1950 com a diminuição considerável da matéria prima, além da criação de leis específicas em relação à retirada da madeira, e a proibição de construções em madeira na parte central do município (Pereira *et al.*, 2017).

Outro fator de grande importância foi à implantação da ferrovia São Paulo-Rio Grande a qual fez segundo Prestes "[…] parte do projeto de unificação nacional e sinônimo de 'progresso' republicano [...]" (Prestes, 2012). Ao longo do trajeto que forma a linha férrea foram criadas vilas que com o passar do tempo se transformaram em cidades, entre elas Erechim. A concepção do traçado projetado para o município é baseada no conceito positivista e em seu formato original era quadriculado, tendo em seu centro formado pela união das quatro principais avenidas o centro dos poderes político, religioso e administrativo (Prestes, 2012).

Assim, a região do Alto Uruguai era caracterizada por apresentar relevo irregular e grandes áreas de mata fechada. Habitavam nesta região índios, caboclos, bandeirantes e fugitivos, porém com a nova política imigratória da época e a implantação de um sistema regional onde a agricultura pudesse ocupar as terras vieram principalmente imigrantes da Itália, Alemanha e Polônia.

Desta forma, como consequência da grande extração de madeira na região nos primeiros momentos e a facilidade com que era trabalhado este material pelos povos de origem principalmente europeia, as casas construídas eram predominantemente em madeira. Na Figura 1 a seguir é possível observar ao fundo a irregularidade do terreno, juntamente com exemplares de pinheiro de araucária, que eram abundantes na época, enquanto que na Figura 2 nota-se uma tora de madeira no chão, a qual representa um dos materiais mais utilizados para o sustento dos primeiros moradores do município.

Figura 1. Imagem da colônia de Erechim
Fonte: http://erechimimagens.blogspot.com/2006/07/

Figura 2. Retirada da madeira
Fonte: http://erechimimagens.blogspot.com/2006/07/

## 4. ARQUITETURA EM MADEIRA NO PASSADO

As casas construídas no passado eram feitas com técnicas simples e tinham características bem similares umas as outras. Geralmente eram dispostas de tábuas posicionadas no sentido vertical e para o fechamento das emendas eram usadas ripas conhecidas por mata-juntas, e as paredes ainda podiam ser duplas ou simples.

Para as casas que estavam localizadas na parte central da cidade, quando possível, era construído um porão, geralmente em alvenaria e que possuía muitas funções como, por exemplo, de depósito para estoque de produções agrícolas que normalmente eram provenientes de seus próprios lotes.

Assim, o pavimento térreo era utilizado de forma mista podendo abrigar algum tipo de comércio, que geralmente era da família proprietária do local, e já abrigava em parte do pavimento a moradia, que era complementada pelo pavimento superior. Então a parte superior geralmente era da residência e em alguns casos aproveitavam-se as grandes inclinações do telhado para que pudesse ser feito um sótão, com o objetivo de aproveitar a estrutura da casa. O sótão tinha como função o armazenamento da produção agrícola ou também era utilizado como dormitórios pelas grandes famílias da época. Porém, com o passar do tempo os sótãos acabaram sendo deixados de lado, devido à redução da inclinação dos telhados, já que na região Alto Uruguai era difícil o aparecimento de neve o bastante para formar camada.

É importante salientar o fato que os lotes projetados para o município possuíam grandes dimensões para abrigar apenas a construção de uma única moradia. Sendo assim, as casas eram construídas no alinhamento frontal e não encostadas lateralmente umas às outras, o que possibilitava uma maior área excedente nos fundos, a qual, em muitos casos, utilizadas como horta e para a criação de animais.

Por isso, uma das principais construções, que é mantida até os dias atuais, é a sede da antiga Comissão de Terras do Estado do Rio Grande do Sul, que foi construída entre os anos de 1912 e 1915. Conhecida como castelinho, foi inaugurada em 20 de abril de 1916. A madeira veio do município de Getúlio Vargas e as pedras, que formam os alicerces, vieram das cabeceiras do rio Dourado (PME, 2017). O edifício foi tombado pelo órgão de patrimônio histórico do estado do Rio Grande do Sul por ser uma obra com características únicas na região e desde 1988 está em domínio municipal.

A seguir apresentam-se duas imagens da antiga Comissão de Terras do estado do Rio Grande do Sul, conhecido como Castelinho. É possível analisar que a Figura 3 trata da construção como era a muitos anos atrás, pois observa-se que não existe edificações em seu entorno, além trazer ao fundo alguns exemplares de pinheiro de araucária – árvore responsável pelo início da indústria madeireira de Erechim – enquanto que na Figura 4 é possível perceber como a edificação encontra-se nos dias atuais.

Figura 3. Imagem da sede da Antiga Comissão de Terras do Estado do Rio Grande do Sul
Fonte: http://erechimimagens.blogspot.com/2006/07/

Figura 4. Imagem atual da sede da antiga Comissão de Terras do Estado do Rio Grande do Sul
Fonte:
https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/352/castelinho

Analisando historicamente, nos anos de 1930 o então "[…] prefeito Amintas Maciel promulga um código de posturas que proíbe reformas e novas construções em madeira e limita as construções com menos de dois pavimentos no núcleo central da cidade" (Pereira *et al.*, 2017, p. 5). A lei que teve como justificativa o fato de que o município precisava desenvolver sua imagem de progresso. Após a mudança do código de posturas, aconteceram três grandes incêndios na região central, sendo que este acontecimento destruiu grande parte das construções, o que acabou aceleraranado o plano de modernização da cidade (Pereira *et al.*, 2015).

Desde aquela época as casas remanescentes e também as novas casas em madeira foram desaparecendo, seja pelo fato de que a legislação não autorizou mais alguns tipos de construção em madeira no centro, ou ainda pela introdução de novos estilos arquitetônicos como Eclético, Art Decó e Modernista que alguns anos foram muito utilizados na área central da cidade.

Mas atualmente construir edificações no centro da cidade com a utilização da madeira como material predominante ou estrutural não é mais possível, pois o próprio Plano Diretor deixa claro algumas restrições quanto à utilização do material em certas áreas. Outro fato é que alguns locais do município apresentam índice construtivo de até 15 pavimentos, o que é utilizado pelo setor imobiliário como praça para novos empreendimentos, aproveitando todo o potencial construtivo do lote e que são construídos basicamente com estrutura em concreto e fechamentos em alvenaria.

## 5. ARQUITETURA EM MADEIRA HOJE: POTENCIALIDADES PARA O FUTURO

Ao contrário do que acontecia antigamente, a madeira utilizada hoje na construção civil, seja em sistemas pré-fabricados ou in loco, são oriundas de reflorestamento, não implicando em desmatamento de mata nativa. E para que o comprador tenha garantia da origem da madeira, deve verificar a certificação FSC do Conselho de Manejo Florestal.

Dentre as vantagens de se utilizar madeira de reflorestamento certificada, estão, além da responsabilidade de preservação da biodiversidade, a padronização das peças de madeira, pois seu processo produtivo é inteiramente controlado. As fases deste processo vão desde os estudos das mudas, plantio, combate a formigas, poda e desbaste, exploração ou corte, transporte das toras, descascamento, desdobro, empilhamento, secagem, classificação,

armazenamento e transporte, incluindo em todas as etapas o gerenciamento de resíduos e segurança dos trabalhadores. (Pletz *et al.*, 2011).

Como no caso da cidade de Erechim, assim como em muitos lugares no país, relaciona-se o risco de incêndios às edificações em madeira, o que deve ter esclarecimento. O risco de combustão depende do tipo da madeira, teor de umidade, fonte de calor, duração da exposição, sua forma e detalhes projetuais (Aguillar; Calil *apud* Pinto, 2001). No entanto, o desempenho da madeira contra incêndios é maior quando comparada a outros materiais estruturais de mesma seção. Isso explica-se pelo fato de que "[…] peças robustas quando sob ação das chamas, formam uma camada de carvão isolante que impede a saída de gases inflamáveis e a propagação do calor para seu interior [...]" (Pinto, 2001, p. 6), mantendo a capacidade estrutural mesmo exposta a altas temperaturas. Enquanto materiais como o aço têm sua resistência reduzida a 50% a temperaturas de 500º C. a 700º C., ou o concreto que perde 90% da resistência a 540º C. Ou seja, em caso de incêndio, uma edificação com estrutura em concreto é a mais suscetível a colapsar, seguida da estrutura em aço, e apenas por último uma de madeira, possibilitando assim mais tempo para ações de resgate (Pinto, 2001).

Ainda há outras maneiras de prevenção e proteção contra incêndios, como a conscientização dos usuários, instalações elétricas adequadas, tratamento, impregnação ou recobrimento da madeira, instalação de sistema de detecção e combate a incêndio, extintores, dispositivos corta-fogo, projetos de rota de fuga, entre outros.

Quanto às questões de conforto, a madeira absorve 40 vezes menos calor do que a alvenaria de tijolos (Molina; Calil, 2010), e os sistemas *wood frame* ainda permitem integrar com facilidade elementos de isolamento termoacústico como lã de vidro.

Também a relação entre peso e resistência mecânica é outro fator que favorece a construção em madeira, pois facilita tanto no transporte das peças quanto em obra, reduzindo a necessidade de utilização de grandes equipamentos como gruas e guindastes. Ao se utilizar sistemas como o *wood frame* a construção se torna leve, além de permitir flexibilidade e rapidez construtiva, podendo as peças serem pré-fabricadas ou cortadas e montadas in loco com equipamentos simples.

Um exemplo de construção leve *wood frame* construído em larga escala no Brasil é o Residencial Haragano em Pelotas, empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida com 280 unidades habitacionais de 42 a 47 m². O empreendimento contou com etapas pré-fabricadas e in loco e foi construído completamente entre 2012 e 2013 (Espíndola, Ino, 2018).

Já no município de Erechim as edificações em *wood frame* não são comuns, mas possivelmente serão alvos de consumo perante a crescente utilização desta técnica que é sustentavelmente mais atrativa do que as construções em alvenaria convencional, tanto no que diz respeito a quantidade de material utilizado, como no tempo de obras, geração de resíduos, e ainda mantêm algumas características como possibilidade de reformas e ampliações, além de materiais de acabamentos.

Nas figuras 5 e 6 podemos perceber o funcionamento da técnica *wood frame*. Na Figura 5 encontra-se uma residência com seu esqueleto estrutural pronto, faltando receber fechamento das paredes, telhado, acabamentos e instalações complementares. Já na Figura 6 a casa já se encontra em estágio mais avançado de acabamento, e demonstra alguns tipos de instalações complementares, as quais possuem um método de execução que é muito parecido com as técnicas utilizadas nas construções em alvenaria convencional, mas que em muitos casos podem ser facilitados com as fixações inseridas na própria estrutura da casa.

Figura 5. Imagem de uma construção em *wood frame* na fase em que está pronto seu esqueleto estrutural.
Fonte: www.residenciais.org/2017/03/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/

Figura 6. Imagem de uma construção em *wood frame* na com algumas instalações complementares.
Fonte: www.residenciais.org/2017/03/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/

Logo são utilizadas no sistema construtivo de *wood frame* métodos e tecnologias industrializados, com garantia de qualidade e procedência a fim de que possua um conforto adequado, ciclo de vida duradouro para a edificação, além de qualidade de vida aos usuários das mesmas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o futuro das construções em madeira observa-se um cenário a ser explorado pela arquitetura no qual a técnica construtiva em *wood frame* seja mais utilizada, diminuindo o impacto ambiental causado pela produção do concreto e do aço. Para tanto algumas ações podem ser tomadas:

A primeira seria a conscientização dos profissionais e população sobre os benefícios da madeira, pois o preconceito com o material ainda é muito grande. O segundo é o treinamento e capacitação de profissionais para execução da técnica construtiva, e por fim, é necessário que as legislações do município sejam revistas a modo de permitir que a madeira seja utilizada como elemento principal em edificações, pois estas oferecem atributos de conforto ambiental igual ou melhores que os sistemas convencionais em alvenaria.

## 7. REFERÊNCIAS

Espíndola, L. da R.; Ino, A., 2018. *Avanços nos métodos de produção dos sistemas leves em madeira no Brasil: caso do residencial Haragano.* Anais eletrônicos do 16º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira/ 3º Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira. São Carlos. Disponível em: http://eventos.eesc.usp.br/ebramem2018. Acesso em 21 de agosto de 2018.

Molina, J. C.; Calil Junior, C., 2010. *Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira.* Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

Residenciais, 2017. *Dicas para quem vai construir sua casa – construção em Wood Frame.* São Paulo. Disponível em https://www.residenciais.org/2017/03/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/. Acesso em 09 de setembro de 2018.

Pereira, N. B.; Alves, L. S.; Zago, R. A, 2014. *Valores contemporâneos, patrimônio em madeira e tradição arquitetônica: estudo de caso de exemplares representativos da arquitetura da imigração em Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.* 3º Colóquio Ibero-Americano Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto. Desafios e perspectivas. Belo Horizonte.

Pereira, N. B.; Valle, A. do; Felippe, B. D.; Silva, G. R. da; Souza, E. R. B.; Scanagatta, C., 2015. *Investigação e documentação da arquitetura em madeira em Erechim – RS.* Anais eletrônicos do 4º Seminário Ibero-americano: Arquitetura e Documentação. Belo Horizonte. Disponível em <http://www.forumpatrimonio.com.br/arqdoc2015/artigos/pdf/202.pdf>. Acesso em 02 agosto de 2018.

Pereira, N. B.; Valle, A. do; Silva, G. R. da., 2017. *Relação entre o processo histórico de urbanização da cidade de Erechim-RS-Brasil e as construções em arquitetura em madeira.* Anais eletrônico do 2º congresso latino-americano de estruturas madeira. Buenos Aires, Argentina. Disponível em: < http://clem-cimad2017.unnoba.edu.ar/papers/T7-21.pdf>. Acesso em 02 de agosto 2018.

Piazetta. L. C. B. *Imagens de Erechim – Passado e Presente.* Erechim. 2006. Disponível em http://erechimimagens.blogspot.com/2006/07/. Acesso em 09 de setembro de 2018.

Pinto, E. M., 2001. *Proteção contra incêndio para habitações em madeira.* 2001. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente Construído) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. doi:10.11606/D.18.2001.tde-19052006-114716. Acesso em: 21 de agosto de 2018.

Pletz, E.; Moura, J. D. de M.; Recco, E. G.; Leal, L. da C.; Strass, M. C.; Bula, N. N., 2011. *Processo produtivo da madeira serrada.* Londrina: Eduel.

PME - Prefeitura Municipal de Erechim. Erechim. 2018. *Castelinho.* Disponível em <https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/352/castelinho>. Acesso em 28 de novembro de 2017.

Prestes, S. L., 2012 *Sentidos e Imagens do Patrimônio Cultural em Erechim/RS na Iminência de sua Preservação Institucional.* Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) – UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## 8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EDUCAÇÃO AMBIENTAL E CIDADANIA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE GAURAMA/RS

**Jessica Zanivan**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: jessica.zanivan@hotmail.com

**Charline Bonatto**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: charli_bonatto@outlook.com

**Cristiane Renata Tessaro**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: cris.renata016@hotmail.com

**Karine da Silva de Andrade**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: kari-andrade15 @hotmail.com

**Joice Batista Reis**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: joice_reis.cpv@hotmail.com

**Érissa Amábile Calliari Machado Guimarães**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: erissa.guimaraes@gmail.com

**Débora Regina Schneider Locatelli**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: debora.locatelli@uffs.edu.br

**Eduardo Pavan Korf**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: eduardo.korf@uffs.edu.br

**Lierson Borges de Castro**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: lierson.castro@uffs.edu.br

***Resumo.*** *A Educação Ambiental é uma ferramenta fundamental para a formação de cidadãos mais conscientes em relação ao meio ambiente. Esse instrumento tem se difundido nos últimos anos devido à intensa degradação ambiental observada. A Educação ambiental poder ser trabalhada visando conscientizar a população sobre a importância da preservação do meio ambiente em qualquer aspecto, mas possui um viés muito forte na questão da segregação de resíduos sólidos como uma atitude de cidadania. Nesse sentido, foram desenvolvidas propostas de Educação Ambiental para um evento realizado na cidade de Gaurama/RS, a 1ª Semana Socioambiental de Gaurama. A proposta de trabalho consistia em levar à população gauramense assuntos relacionados ao meio ambiente, como a segregação de resíduos sólidos e a importância da mata ciliar, utilizando materiais audiovisuais e atividades recreativas, de acordo com as faixas etárias do público. Com o andamento das atividades, percebeu-se maior participação da população presente em relação a separação dos resíduos sólidos, devido o assunto ser mais visualizado e discutido rotineiramente, e por isso passou-se a trabalhar com este tema durante o restante do evento, reflexo de um maior aproveitamento das atividades relacionadas a este assunto, fazendo cumprir o papel da Educação Ambiental.*
***Palavras-chaves:*** *cidadãos, educação ambiental, resíduos sólidos.*

## 1. INTRODUÇÃO

A cidadania é a prática dos direitos e deveres de um indivíduo (Manzini-Covre, 1991). No capítulo VI, art. 225, da Constituição Federal de 1988 (CF/88), fica claro que todos os cidadãos têm direitos e deveres para com o meio ambiente ao abordar: "*todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum ao povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações"* (Brasil, 1988).

Um ambiente ecologicamente equilibrado, garante e mantém o direito à sadia qualidade de vida, conforme previsto no art. 225 da CF/88 (Brasil, 1988). Mas para que isso seja assegurado é necessário o envolvimento coletivo na preservação do meio ambiente, assim a cidadania, de fato, é garantida à sociedade.

No entanto, percebe-se que muitas das garantias que deveriam ser proporcionadas à toda população para que o conceito de cidadania realmente fosse válido não são de fato oferecidas. A educação, por exemplo é uma das problemáticas visualizadas no Brasil conforme aponta Ney e colaboradores (2010) que destacam em seu trabalho a desigualdade de acesso à educação no Brasil como fator limitante para o exercício da cidadania. Tal limitação pode desencadear demasiados problemas, como por exemplo a falta de consciência ambiental da população.

O capitalismo, apesar de ter estimulado o exercício de cidadania, trouxe consigo alguns problemas de comprometimento com o meio ambiente, já que o fomento ao consumismo acaba gerando grandes quantidades de resíduos sólidos, o que associado à falta de uma educação ambiental leva ao descarte incorreto dos mesmos (Manzini-Covre,1991; Dias, Marques e Dias, 2016).

Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo constrói valores sociais, conhecimentos, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente (Brasil, 1999), participando ativamente no processo de análise dos problemas ambientais identificados, visando soluções, resultados e a preparação da sociedade para agirem como agentes transformadores (Roos e Becker, 2012).

No art. 2º da Lei nº 9.795/1999 fica firmado que a educação ambiental é importante para a educação nacional e deve estar presente em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal. Isso também fica previsto na CF/88, ao abordar que a educação ambiental quando aplicada a todos os níveis de ensino é capaz de promover a conscientização da população, contribuindo para a preservação do meio ambiente (Brasil, 1988).

Pautado nessa afirmação, durante a 1ª Semana Socioambiental de Gaurama foram propostas atividades de educação ambiental, tratando sobre resíduos sólidos, compostagem e matas ciliares, com objetivo de mostrar aos participantes do evento a importância da preservação ambiental.

Anterior a este evento, já haviam sido realizados alguns trabalhos de educação ambiental nas escolas da região com o objetivo de expor aos alunos o quão nossas atitudes refletem no meio ambiente, buscando sempre alcançar a conscientização de crianças e adolescentes a respeito de questões ambientais. Essas experiências prévias foram de grande relevância para o auxílio no desenvolvimento das atividades a serem realizadas na 1ª Semana Socioambiental de Gaurama, bem como na abordagem do público.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A formação de cidadãos conscientes de suas atitudes depende da educação a eles proporcionada. Nesse sentido o evento realizado em Gaurama/RS, uma cidade com cerca de 5862 habitantes (IBGE, 2010) em agosto de 2018, foi de fundamental importância para o desenvolvimento de ações de cidadania através da Educação Ambiental.

Durante a organização do evento, foram realizadas reuniões com os gestores do município de Gaurama/RS, buscando entender a realidade local e assim definir quais temas sobre questões ambientais poderiam ser tratadas durante a 1ª Semana Socioambiental de Gaurama com mais ênfase, buscando sensibilizar os participantes sobre a importância de ações de proteção para com o meio ambiente.

Os gestores do município sugeriram que fossem realizadas atividades com os alunos das escolas de todo o município, contemplando desde as séries iniciais até o ensino médio, além de turmas com alunos especiais. Diante disso, as atividades a serem realizadas no evento foram pensadas de maneira a contemplar todas as faixas etárias presentes no evento.

Em um primeiro momento, foram desenvolvidas atividades referentes não só a separação de resíduos sólidos, mas também sobre a questão da importância da mata ciliar e assuntos envolvendo resíduos sólidos orgânicos como a compostagem, por exemplo. Além disso, vídeos educativos sobre os temas propostos foram selecionados.

Para as crianças, foram desenvolvidas atividades referentes a disposição dos resíduos sólidos com uma abordagem que lhes permitissem desenvolver habilidades socioambientais a partir da recreação. Foram confeccionados painéis interativos com sacos coloridos que remetiam a coletores de resíduos nas colorações propostas pela Resolução CONAMA 275/01 onde as crianças poderiam separar vários tipos de resíduos que eram fornecidos em seus devidos coletores. Outra atividade realizada com os alunos foi a pintura de desenhos, também referente a separação dos resíduos sólidos.

Durante todo evento, foi prestada orientação técnica e sanadas dúvidas dos participantes sobre questões ambientais.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Educação Ambiental possui a função de conscientizar a população sobre a importância de pequenas ações individuais e como elas podem gerar um resultado positivo para a coletividade. Na elaboração das atividades para a 1ª Semana Socioambiental de Gaurama, em um primeiro momento, haviam sido propostos temas, a serem trabalhados com os alunos das escolas do município, com idade entre 3 à 17 anos, diferentes temas pertinentes à questão ambiental. Os assuntos selecionados para o trabalho com as crianças e adolescentes se referiam a resíduos sólidos, compostagem e mata ciliar.

Durante as atividades, tanto audiovisuais (apresentação de slides e vídeos educativos) quanto em atividades de recreação, foi notado interesse dos participantes nos assuntos tratados, principalmente do público infantil que interagia com o tema apresentado de maneira a contribuir com o aprendizado de toda plateia, esse interesse e participação está associado ao fato de que as atividades foram ministradas de forma interativa o que acabou chamando atenção do público. No entanto, alguns assuntos pareciam ser mais atrativos aos alunos do que outros. A segregação dos resíduos sólidos chamou mais a atenção dos alunos por ser um assunto cotidiano em que as crianças e jovens se sentem inseridas no mundo como cidadãos.

O evento proporcionou um processo de aprendizagem mais prazeroso onde crianças e adolescentes desenvolveram ainda mais o pensamento voltado a questões ambientais, com foco na segregação dos resíduos sólidos que foi a principal demanda observada durante o evento.

Em conjunto com essa ação, foram transmitidas informações técnicas aos demais públicos que participaram do evento, através do atendimento de dúvidas pertinentes a questões ambientais e a projeção de dados específicos aos assuntos. As Figuras 1 e 2 mostram algumas das atividades ministradas durante o evento.

Figura 1. Apresentação sobre resíduos sólidos através de recursos audiovisuais.

Fonte: Os autores, 2018.

Figura 2. Atividade de educação ambiental sobre separação de resíduos sólidos através de pintura e painéis iterativos.

Fonte: Os autores, 2018.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da programação realizada, pôde-se perceber a importância do papel da educação ambiental no evento, visto que, através das atividades trabalhadas, as crianças e adolescentes puderam ter contato com assuntos voltados para o meio ambiente de forma técnica, porém repassados de maneira clara e concisa.

As atividades de educação ambiental, quando aplicadas de forma prática e visual, são eficientes para repassar o conhecimento técnico, já que são mais atrativas e, por esse motivo, o público alvo tende a se envolver nas atividades com mais entusiasmo, atingindo, assim, o objetivo da Educação Ambiental.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil. Constituição, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília – DF.

Brasil. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Politica Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília – DF.

CONAMA, 2001. Resolução nº 275, de 10 de junho de 2001. Estabelece o código de cores para diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

Dias, M. D., Marques, M.D., Dias, L.S.2016. "Educação, educação ambiental, percepção ambiental e educomunicação.". In: *Educação ambiental conceitos, metodologias e práticas.* Tupã-SP

IBGE, 2010. *Censo 2010*.

Manzini-Covre, M. L. 1991. "O que é Cidadania?"**I***Coleção Primeiros Passos.* São Paulo-SP.

Ney, M.G., Souza, P.M., Ponciano, N.G.2010. "Desigualdade de acesso à educação e evasão escolar entre ricos e pobres no Brasil rural e urbano." *Revista Científica Internacional.* p.33-55

Ross, A. Becker, E.L.S. 2012. "Educação ambiental e sustentabilidade". *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental REGET/UFSM.* 5, p. 857 – 866.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PLANO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM EVENTOS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE GAURAMA/RS

**Jessica Zanivan**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: jessica.zanivan@hotmail.com

**Charline Bonatto**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: charli_bonatto@outlook.com

**Deise Paludo**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: deise.paludo@uffs.edu.br

**Eduardo Pavan Korf**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: eduardo.korf@uffs.edu.br

**Débora Regina Schneider Locatelli**
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim/RS
e-mail: debora.locatelli@uffs.edu.br

***Resumo.*** *Eventos são atividades capazes de gerar muitos benefícios econômicos e sociais quando bem planejados, mas podem se tornar grandes vilões do meio ambiente quando não houver um planejamento adequado. Dentre os vários problemas de cunho ambiental que um evento pode ocasionar, destaca-se o descarte incorreto dos resíduos sólidos, o que implica na sua inadequada disposição final, sem que haja preocupação com a coleta seletiva, um dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). De significativa importância, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) deve ser aplicado a todo e qualquer evento potencialmente causador de degradação ambiental, nesse sentido foi desenvolvido um PGRS para a 1ª Semana Socioambiental de Gaurama a fim de gerir de maneira adequada os resíduos gerados. O evento contou com a participação de aproximadamente 1000 pessoas, que foram responsáveis pela geração de 12,3 kg de resíduos (orgânicos e secos) no local do evento. Além disso, houve uma relevante participação na campanha de recolhimento de resíduos eletrônicos, pilhas e óleo de cozinha. A implantação do PGRS foi indispensável para a destinação adequada dos resíduos sólidos gerados durante o evento, viabilizando a manutenção da qualidade de vida dos munícipes e do meio ambiente.*

***Palavras-chaves:*** *eventos, gestão, PGRS, resíduos sólidos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os eventos de natureza pública e privada são vistos como grandes vilões ambientais devido aos inúmeros problemas causados, como perturbação do sossego público, poluição sonora e principalmente geração de resíduos sólidos entre outros transtornos (Silva e Araújo, 2015).

De acordo com Gomes (2015), a sustentabilidade em eventos é pouco discutida entre os organizadores, no entanto é essencial o desenvolvimento de estratégias para a minimização das problemáticas ambientais observadas na realização de eventos. Afinal, uma gestão de resíduos inadequada implica na disposição final dos resíduos diretamente em aterros sanitários, sem prevalecer a reutilização e reciclagem, uma das prioridades da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos (Brasil, 2010).

A gestão de resíduos sólidos em eventos não é exigida por legislações e normas técnicas, porém a Lei nº 12.305/2010 traz no art. 10 que os geradores são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos. A lei também incumbe

ao poder público planejar e executar ações de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos (Brasil, 2010).

Considerando a importância da gestão de resíduos sólidos, pautado na PNRS, foi elaborado e executado um Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) para o evento "1ª Semana Socioambiental de Gaurama" realizado no município de Gaurama/RS de modo a garantir que o evento tenha capacidade de manejar adequadamente os resíduos sólidos gerados, como prevê a legislação, garantindo assim, a qualidade do meio ambiente e da saúde pública, além de sensibilizar a população sobre a importância da segregação adequada dos resíduos sólidos.

A 1ª Semana Socioambiental de Gaurama teve como objetivo levar à comunidade local informações sobre questões ambientais através de oficinas e orientações técnicas. Durante o evento os participantes tiveram oportunidade de destinar adequadamente resíduos sólidos especiais como óleo de cozinha, pilhas e resíduos eletrônicos, além de prestigiar e participar de atividades ciclísticas e mateada.

Neste sentido, este trabalho busca avaliar a eficiência da estratégia de gestão de resíduos sólidos, adotada na 1ª Semana Socioambiental de Gaurama, apresentando as principais dificuldades encontradas durante a elaboração, execução e monitoramento do PGRS.

## 2. METODOLOGIA

Nos dias 02, 03 e 04 de agosto de 2018 foi realizada, em Gaurama/RS, uma cidade com cerca de 5862 habitantes, segundo o IBGE (2010), a 1ª Semana Socioambiental do município. O evento organizado pelos gestores do município ocorreu entre a praça central e a prefeitura municipal e contou com a participação de 6 entidades (IBGE, 2010).

Para a elaboração do PGRS da 1ª Semana Socioambiental de Gaurama foi necessário realizar um diagnóstico do sistema de gestão de resíduos sólidos adotado pelo município em eventos anteriores. Também foram realizadas visitas técnicas e reuniões com os gestores do município e organizadores do evento, a fim de conhecer melhor a realidade local de gestão de resíduos sólidos e o espaço destinado à realização do evento. Com base nas informações coletadas nas visitas técnicas e reuniões, foi realizado um prognóstico, ou seja, a estimativa da quantidade de resíduos sólidos que seriam gerados durante o evento. Porém, devido à escassez de informações referente à taxa de geração de resíduos sólidos em eventos, o cálculo para estimativa de geração *per capita* durante o evento foi desenvolvido com base nas informações de geração mensal de resíduos sólidos no município (aproximadamente 47 toneladas/mês, sendo do total 74,47% orgânicos e 25,53% secos) e da população gauramense (5.862 habitantes no ano de 2010) (Prefeitura Municipal de Gaurama, 2012), o que resulta em uma geração *per capita* de 0,267 kg/hab.dia.

Como o evento aconteceria durante 9 horas por dia, por 03 dias, a geração *per capita* de resíduos durante o evento seria de 0,089 kg/hab. Era esperada a circulação de pelo menos 1.000 pessoas durante os 03 dias de evento, entre entidades, estudante e transeuntes. Assim, foi estimada a geração de 89 kg de resíduos (orgânicos e secos) durante os 03 dias de evento. Essa geração pode ser considerada alta, porém como não existiam dados precisos sobre a taxa de geração de resíduos para esse tipo de evento, esse resultado foi utilizado como base para adotar as estratégias de gestão de resíduos sólidos durante o evento.

O sistema adotado na "1ª Semana Socioambiental de Gaurama" foi o de coleta simples, que divide os resíduos sólidos em dois fluxos: orgânicos e secos. Esse modelo foi seguido já que a coleta seletiva do município é realizada separando apenas os resíduos secos dos orgânicos.

Foram dispostos 02 pontos de coleta para resíduos orgânicos e secos no local do evento, contendo um 01 coletor de resíduo orgânico e 01 coletor de resíduo seco em cada ponto, totalizando 04 coletores para uma área de 200 m², conforme indicado na

.

Os coletores de resíduos orgânicos e secos foram identificados com adesivos como mostrado na

Fonte: Os autores, 2018.

Figura 2. Modelo de adesivo utilizado para identificação dos coletores.

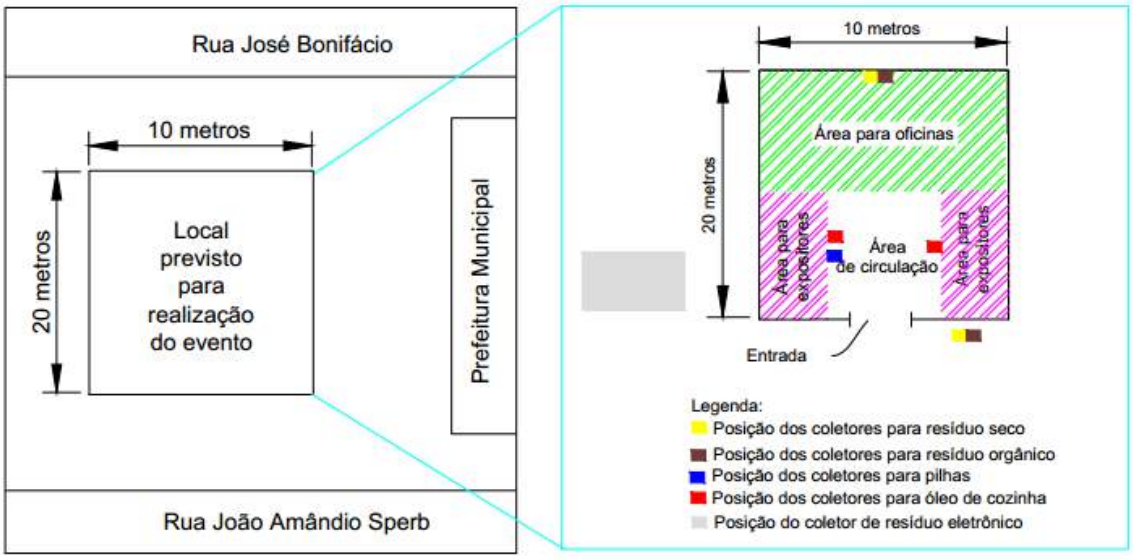
. Também foram disponibilizados pontos de coleta de resíduos eletrônicos, óleo de cozinha e pilhas durante o evento, para que os participantes pudessem destinar seus resíduos adequadamente.

Os coletores de pilha utilizados no evento eram coletores conhecidos como papa-pilhas conforme mostra a Figura 3, específicos para a destinação desses resíduos. O óleo de cozinha foi acondicionado em coletores com a indicação especificada como mostrado na Figura 4. Ambos coletores, tanto de pilhas quanto de óleo de cozinha, já são utilizados rotineiramente pela gestão municipal em pontos estratégicos do município para que a população gauramense possa destinar esses resíduos durante o ano todo de maneira adequada. Já a coleta dos resíduos eletrônicos foi realizada do lado de fora do local do evento, em um caminhão da prefeitura municipal como demonstrado na Figura 5. Para a identificação do local de coleta dos resíduos eletrônicos, foi utilizada uma faixa com a indicação deste tipo de resíduo. Além disto, foram colocados 02 coletores (01 para resíduo orgânico e 01 para resíduo seco) no ponto de apoio do trajeto das atividades ciclísticas.

O acondicionamento dos resíduos gerados durante o evento foi realizado através de sacos plásticos colocados na parte interna dos coletores. A destinação final foi realizada encaminhando os resíduos secos e orgânicos para a coleta seletiva do município, sendo posteriormente enviados para aterros sanitários (resíduos orgânicos) e para a triagem (resíduos secos) pela empresa responsável pela coleta seletiva no município. Os resíduos especiais (resíduos eletrônicos, pilhas e óleo de cozinha) coletados no evento foram encaminhados para empresas recicladoras devidamente licenciadas e terceirizadas.

Ainda, durante o evento os coletores foram monitorados quanto à necessidade de troca do saco plástico utilizado para acondicionamento, e verificação se os resíduos estavam sendo segregados de forma adequada. Após o término do evento, os resíduos gerados durante o evento foram quantificados.

Figura 1. Planta esquemática (sem escala) do evento com a delimitação da área disponível para as atividades e posição dos coletores na área do evento.




Fonte: Os autores, 2018.

Figura 2. Modelo de adesivo utilizado para identificação dos coletores.

Fonte: Os autores, 2018.

Figura 3. Coletor para a destinação de pilhas.

Fonte: Os autores, 2018.

Figura 4. Coletor para a destinação de óleo de cozinha

Fonte: Os autores, 2018.

Figura 5. Indicação do caminhão utilizado para a destinação dos resíduos eletrônicos

Fonte: Os autores, 2018.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os três dias de evento, aproximadamente 1000 pessoas participaram das atividades ofertadas pelas 06 entidades participantes da 1ª Semana Socioambiental de Gaurama.

Através do monitoramento do PGRS, foi verificado que plásticos de bala, também chamados equivocadamente de "papel de bala", foram colocados no coletor de resíduo orgânico. Isso pode estar associado ao fato da coloração dos coletores de resíduos orgânicos estar na cor azul e essa cor ser destinada aos coletores de resíduos de papel e papelão, conforme estabelecido no código de cores da Resolução CONAMA 275/01. Essa situação pode ter confundido o participante, levando-o a colocar esse resíduo no coletor de resíduo orgânico, devido sua coloração e por ser chamado de "papel de bala". A sinalização dos coletores através de adesivos, com indicação do tipo de resíduo a ser disposto, não foi eficiente nesse caso, já que a maioria dos participantes das atividades realizadas no evento eram crianças, em fase de alfabetização. Além disso, uma das atividades ofertadas no evento tratava sobre a destinação de resíduos em coletores com a coloração estabelecido no código de cores da Resolução CONAMA 275/01.

Diante disso, ressalta-se a importância da instalação de coletores na coloração padronizada no código de cores, mesmo na coleta simples.

Depois de finalizado o evento foi possível realizar um levantamento da quantidade de resíduos gerados. Os resultados estão apresentados no Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de resíduos sólidos gerados durante os 03 dias de evento.

| **Resíduo orgânico** | **Resíduo seco** | **Resíduo eletrônico** | **Pilhas** | **Óleo de cozinha** |
|---|---|---|---|---|
| 10,2 kg | 2,1 kg | 9,62 m³ | 0,0415 m³ | 30 L |

Fonte: Os autores, 2018.

O levantamento mostra que a taxa de geração de resíduos orgânicos e secos estimada no prognóstico foi superestimada, já que o total de resíduos orgânicos e secos gerados no evento foi de 12,3 kg e no prognóstico foi previsto a geração de 80 kg desses tipos de resíduos. Esse resultado era esperado, devido à falta de dados precisos referente à taxa de geração de resíduos sólidos em pequenos eventos, com características tais quais a da 1ª Semana Socioambiental de Gaurama.

Mesmo sendo um evento de pequeno porte, pode-se dizer que a taxa de geração de resíduos sólidos foi elevada, considerando que o local foi destinado apenas para atividades educacionais e informativas, não havendo comercialização de produtos alimentícios. Isso ressalta a importância da implantação de sistemas de gestão de resíduos sólidos em pequenos eventos.

Foi observada alta geração de resíduos orgânicos no evento em comparação com os resíduos secos (Tabela 1). Outros autores também verificaram que altas taxas de resíduos orgânicos foram geradas em eventos. Abdulredha et al. (2017), por exemplo, mostraram que do total de resíduos sólidos gerados em um evento de peregrinação na cidade de Kerbala, 57% eram orgânicos. Rafiee et al. (2018) observaram geração de 5% de resíduos recicláveis (secos), 45% de resíduos orgânicos e 50% de resíduos não recicláveis, em diferentes festivais em Teerã, capital do Irã.

A segregação correta dos resíduos permite que eles sejam reciclados, o que é economicamente e ambientalmente viável, pois ao mesmo tempo em que se diminui o volume de resíduos que seriam encaminhados para os aterros sanitários, é possível agregar valor aos resíduos, aplicando-os em sistemas de reciclagem como na geração de energia e compostagem, no caso dos resíduos orgânicos. Os resíduos secos, quando segregados de forma correta, também podem ser reciclados, o que aumenta seu tempo de vida útil.

A quantidade de resíduos especiais (resíduo eletrônico, pilhas e óleo de cozinha) coletada durante o evento, mostra a necessidade da gestão municipal em implantar ações semelhantes também em outras ocasiões, para que seus munícipes possam destinar adequadamente os resíduos que não podem ser encaminhados para a coleta seletiva comum.

A destinação dos resíduos eletrônicos e pilhas foi realizada pelos gestores do município destinando-os a empresas recicladoras devidamente licenciadas. O óleo de cozinha foi encaminhado para reciclagem através da saponificação, beneficiando uma entidade social local. Já os resíduos orgânicos e secos foram encaminhados para a coleta seletiva do município, conforme previsto no PGRS.

Estes resultados podem ser tomados como base para o desenvolvimento de sistemas de gestão de resíduos eficientes em eventos de outras cidades com características semelhantes à da 1ª Semana Socioambiental de Gaurama.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado que a coloração do coletor de resíduos auxilia na identificação do tipo de resíduo a ser disposto no coletor e que os adesivos identificadores de coletores não são eficientes quando o público previsto são crianças não alfabetizadas.

A quantidade e a localização dos coletores, proposta no PGRS se mostraram eficientes e garantiram que os participantes aderissem ao sistema de gestão adotada, descartando os resíduos gerados durante o evento nos pontos de coleta.

A implantação do PGRS possibilitou realizar de maneira correta a segregação dos resíduos sólidos gerados durante o evento, cooperando para a manutenção da qualidade do meio ambiente e da saúde pública, além de garantir a possibilidade de reciclagem dos resíduos sólidos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdulredha, M., Al, R., Jordan, D., Hashim, K., 2017. The development of a waste management system in Kerbala during major pilgrimage events : determination of solid waste composition. Procedia Eng. 196, 779–784. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.007

Brasil. Constituição, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília- DF.

Brasil. Lei nº 12305, de 2 agosto de 2010, 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília- DF.

CONAMA, 2001. Resolução nº 275, de 10 de junho de 2001. Estabelece o código de cores para diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

Gomes, Â. A.2014. "*Gestão de resíduos sólidos como estratégia de sustentabilidade ambiental nos grandes eventos.*" Dissertação de mestrado,Universidade de Brasília, Brasília-DF.

IBGE, 2010. *Censo 2010*.

Prefeitura Municipal de Gaurama. *Plano de Saneamento Municipal*, Gaurama, 2012.

Rafiee, A., Gordi, E., Lu, W., Miyata, Y., Shabani, H., Mortezazadeh, S., Hoseini, M., 2018. The impact of various festivals and events on recycling potential of municipal solid waste in Tehran, Iran. J. Clean. Prod. 183, 77–86. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.118

Silva, T. G. B., Araújo, G.C., 2015. "Gestão de Resíduos Sólidos em Eventos: um estudo em Paranaíba-MS." In *Congresso Internacional de Administração*. Ponta Grossa, Paraná.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MONITORAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE GERADORES ELÉTRICOS À DIESEL: ESTUDO DE CASO EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

**Janaina Mazutti**
Universidade de Passo Fundo, BR285, São José, Passo Fundo - RS
janainamazutti@gmail.com

**Giovana Reginatto**
Universidade de Passo Fundo, BR285, São José, Passo Fundo - RS
gioreginato@gmail.com

**Vanessa Tibloa da Rocha**
Universidade de Passo Fundo, BR285, São José, Passo Fundo - RS
vanessat.rocha.arq@gmail.com

**Luciana Londero Brandli**
Universidade de Passo Fundo, BR285, São José, Passo Fundo - RS
brandli@upf.br

***Resumo:*** *As emissões atmosféricas estão entre as desvantagens do uso de sistemas energéticos não renováveis como geradores à diesel. Para garantir que estes equipamentos operem respeitando os padrões de qualidade do ar, existem normativas, como a Resolução CONAMA 436, limitando as emissões de dióxido de nitrogênio ($NO_2$), dióxido de enxofre ($SO_2$), monóxido de carbono (CO) e material particulado. No campus I da Universidade de Passo Fundo (UPF), o gerador elétrico opera durante o horário ponta do consumo elétrico, das 17:55h às 20:55h e até então as emissões não eram acompanhadas. Assim, o objetivo deste trabalho é monitorar as emissões de $NO_2$, $SO_2$ e CO provenientes do gerador elétrico do campus I da UPF e comparar os valores com a CONAMA 436. Para isto, uma das três saídas de gases do gerador foi amostrada com o analisador da qualidade do ar, OPTIMA 7. Os resultados mostraram que, quando somadas as três chaminés, as concentrações de $NO_2$ ficam acima do permitido e as de $SO_2$ próximo ao limite. Logo, recomenda-se a continuidade do monitoramento neste ponto visando contribuir para ações de melhoria na gestão ambiental do campus. Ainda, os dados levantados podem ser comparativos em trabalhos futuros, após o completo desligamento do gerador.*

***Palavras-chave:*** *Gestão ambiental, Monitoramento ambiental, Qualidade do ar, Poluentes atmosféricos, Geradores à diesel.*

## 1. INTRODUÇAO

A ocorrência de episódios críticos de poluição atmosférica como o grande smog de Londres em 1952, impulsionaram a implantação de políticas regulatórias para as emissões antrópicas de poluentes atmosféricos e o estabelecimento de padrões de qualidade do ar (Boubel et al. 1994). Para a real efetivação e cumprimento destes padrões é essencial que uma ferramenta de gestão, como o monitoramento da qualidade do ar, seja colocada em prática e de forma contínua.

O monitoramento da qualidade do ar pode ser realizado no ambiente ou diretamente nas fontes de poluição e entre suas funções estão a avaliação da concentração dos poluentes amostrados, o diagnóstico da qualidade do ar e o controle ou fiscalização das emissões atmosféricas. Frondizi e Kalyva (2008) segmentam e identificam este procedimento de duas formas, o monitoramento das emissões, realizado direto na fonte poluidora e o monitoramento da qualidade do ar, realizado no ambiente. Em ambos os caso o objetivo do monitoramento é gerar dados quantitativos capazes de mensurar as concentrações em que os poluentes atmosféricos se encontram.

Para Boubel et al. (1994), os poluentes atmosféricos podem ser classificados quando a sua origem entre poluentes primários e secundários, sendo que os poluentes primários são originados diretamente das fontes de poluição e os

poluentes secundários são gerados por meio das reações químicas que ocorrem entre os poluentes primários e os gases presentes na atmosfera. Assim, fica evidente que os poluentes secundários são originados dos poluentes primários e ainda de acordo com Boubel et al. (1994), a poluição atmosférica é combatida de forma mais eficiente quando o controle das emissões atmosféricas está focado nas emissões de poluentes primários.

Dentre os processos que mais geram emissões atmosféricas estão as atividades que se beneficiam da combustão do diesel principalmente por meio dos motores a diesel. Estes motores geram energia elétrica para o funcionamento de boa parte dos bens de consumo do mundo e em geral de forma mais econômica que outras fontes de energia. No entanto, apesar de ser uma fonte economicamente viável de energia, a operação dos geradores a diesel emite quantidades significativas de poluentes atmosféricos (Lloyd e Thomas, 2001).

Para Genesan et al. (2015), o monitoramento contínuo destas emissões é obrigatório para garantir que as mesmas se mantenham dentro dos níveis aceitáveis, não causando risco à saúde da população. Para que estes padrões aceitáveis de qualidade do ar tenham efetividade existem diversas normativas que estão em vigor em âmbito nacional, como as Resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 3, n º 5, nº 8, nº 382 e n°436. Todas estas normativas disciplinam sobre os padrões de qualidade do ar e em específico, a Resolução CONAMA n° 436 de 2011, surgiu com o propósito de estabelecer os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas com potência menor que 100MW.

Considerando o campus universitário uma pequena cidade (Tauchen e Brandli, 2006), é importante que todos os fatores ambientais deste espaço sejam monitorados. No campus I da Universidade de Passo Fundo as emissões atmosféricas são provenientes de diversas fontes e trabalhos anteriores (Vieira, 2012; Korf et al., 2015) identificaram o gerador elétrico do campus como o ponto de maior emissão de poluentes atmosféricos. Este fato evidencia a necessidade da realização de um monitoramento contínuo neste local para garantir que os padrões de qualidade ambiental sejam respeitados nesta área. Soma-se a isto, o interesse por parte da instituição em integrar fontes renováveis de energia à matriz do campus e desta forma seria conveniente monitorar as emissões do gerador a fim de comparações com cenários futuros, após seu completo desligamento.

Com base nisto, objetivo deste trabalho é monitorar as emissões de dióxido de nitrogênio ($NO_2$), dióxido de enxofre ($SO_2$) e monóxido de carbono (CO) provenientes do gerador elétrico do campus I da Universidade de Passo Fundo e comparar os valores com a Resolução CONAMA 436 de 2011.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Local de Estudo

A Universidade de Passo Fundo localiza-se no norte do estado do Rio Grande do Sul e atualmente contribui para a formação de 17.468 estudantes entre graduandos, pós-graduandos, alunos do centro de ensino médio e do UPF Idiomas (Universidade de Passo Fundo, 2018). A área em que este estudo foi desenvolvido se localiza no campus I, em Passo Fundo – RS. O local de estudo foi o gerador elétrico do campus, especificamente, um dos pontos de saída dos gases provenientes da combustão do diesel.

O gerador elétrico do campus opera durante o horário de ponta do consumo elétrico da instituição, com início às 17h e 55 minutos e término às 20h e 50 minutos, durante estas três horas de operação são emitidos poluentes decorrentes da combustão do diesel, utilizado como combustível. Os poluentes monitorados neste estudo foram dióxido de enxofre ($SO_2$), monóxido de carbono (CO) e dióxido de nitrogênio ($NO_2$) pelo fato de serem mencionados pela Resolução CONAMA 436/11, que servirá de base para os comparativos legais. Além disso, estes gases são resultantes diretos das emissões provenientes da combustão do diesel em altas temperaturas e desta forma, refletem a poluição gerada pelo gerador.

A Figura 1 apresenta a configuração atual do campus I da Universidade e destaca em azul, o ponto onde foi realizado o monitoramento.

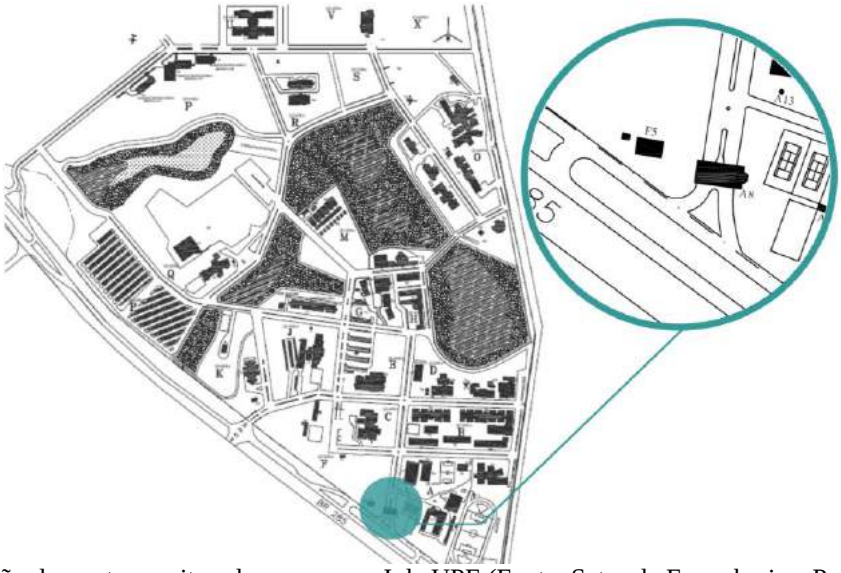


Figura 1. Localização do ponto monitorado no campus I da UPF (Fonte: Setor de Engenharia e Projetos – UPF, 2018)

### 2.2 Coleta dos dados

O equipamento utilizado para a realização das amostragens foi o analisador automático da qualidade do ar OPTMA 7, de simples operação, apresenta valores instantâneos da concentração dos poluentes analisados e os resultados das medições são fornecidos em um arquivo que pode ser aberto com o programa Excel. Os gases analisados são: oxigênio ($O_2$); dióxido de carbono ($CO_2$); monóxido de carbono (CO); monóxido de nitrogênio (NO); dióxido de nitrogênio ($NO_2$); óxidos de nitrogênio (NOx); dióxido de enxofre ($SO_2$) e ácido sulfídrico ($H_2S$). O registro das concentrações dos gases ocorre após a passagem do ar pelo filtro acoplado no equipamento que recebe um feixe de luz ultravioleta (MRU: Air Emissions Monitoring Systems, 2018).

A coleta dos dados foi realizada no dia 5 de junho e o fato de ter sido apenas um dia, não reduz a confiabilidade dos dados, pois as amostragens foram realizadas com um equipamento calibrado e com alta precisão.

A primeira amostragem ocorreu 10 minutos antes do início do funcionamento do gerador, para registrar um valor branco, sem a interferência das emissões. As três amostragens seguintes ocorreram em três momentos diferentes da operação, quando o gerador foi ligado, às 17h e 55minutos; na metade do período de funcionamento, às 19h e 30 min. e ao final do funcionamento, às 20h e 55minutos. Além destas, a quinta e última medição ocorreu 10 minutos após o desligamento do gerador para registrar possíveis emissões que continuam mesmo após o desligamento. O procedimento de amostragem foi realizado seguindo as recomendações do manual técnico do equipamento sendo que a sonda de amostragem acoplada ao analisador foi alocada diretamente na saída de gases do gerador e a extremidade da sonda foi mantida à uma distância de aproximadamente 3cm da parte interna da chaminé, como exemplifica a Figura 2.

Figura 2. Posição da sonda de amostragem

Para que ocorra a análise dos gases, é importante que a fenda da sonda esteja posicionada de tal modo que permita a passagem dos gases por ela. A sonda foi mantida nesta posição durante três minutos, o tempo recomendado pelo fabricante para que as concentrações amostradas se estabilizem.

### 2.3 Comparação com a legislação vigente

Considerando o gerador elétrico do campus I da UPF uma fonte fixa de emissão de poluentes atmosféricos, a legislação que serviu de base para comparativos legais foi a Resolução CONAMA nº 436 de 2011. Em seu anexo I, esta resolução estabelece os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível, que podem ser aplicados ao caso do gerador elétrico da UPF.

Após a amostragem das concentrações dos poluentes, estes valores foram comparados com os padrões fixados pela Resolução CONAMA nº 436 apresentados na Tabela 1. Para esta etapa, as concentrações de material particulado a que se refere a legislação não foram levadas em conta, pois o equipamento não analisa este poluente, sendo amostradas portanto, as concentrações de dióxido de enxofre ($SO_2$), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOx) na forma de dióxido de nitrogênio ($NO_2$).

Tabela 1 - Limites de emissão conforme Resolução CONAMA nº 436.

| Potência térmica nominal | Material particulado[1] | Óxidos de nitrogênio ($NO_2$)[1] | Dióxidos de enxofre ($SO_2$)[1] | Monóxido de carbono (CO)[1] |
|---|---|---|---|---|
| **MW < 10** | 300 | 1600 | 2700 | 80 |
| **10 ≤ MW ≤ 70** | 250 | 1000 | 2700 | - |
| **MW > 70** | 100 | 1000 | 1800 | - |

(1) mg/Nm³
Fonte: adaptado da Resolução CONAMA nº 436/11.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em uma primeira análise, na Fig. 3, é possível perceber que quanto ao quadro geral das emissões, o poluente emitido em maiores concentrações foi o dióxido de enxofre ($SO_2$). Este resultado reforça o que foi verificado nos trabalhos de Korf (2015) e Vieira (2012) onde as concentrações de $SO_2$ registradas foram sempre maiores que as concentrações de $NO_2$. Como o $SO_2$ é um gás com peso molecular maior que o do $NO_2$ é comum que suas concentrações sejam mais elevadas, além disto, o $SO_2$ é considero o principal gás emitido nos processos de combustão do diesel.

Na sequência da Fig. 3 são apresentadas as concentrações registradas para cada poluente e seus respectivos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 436/11.

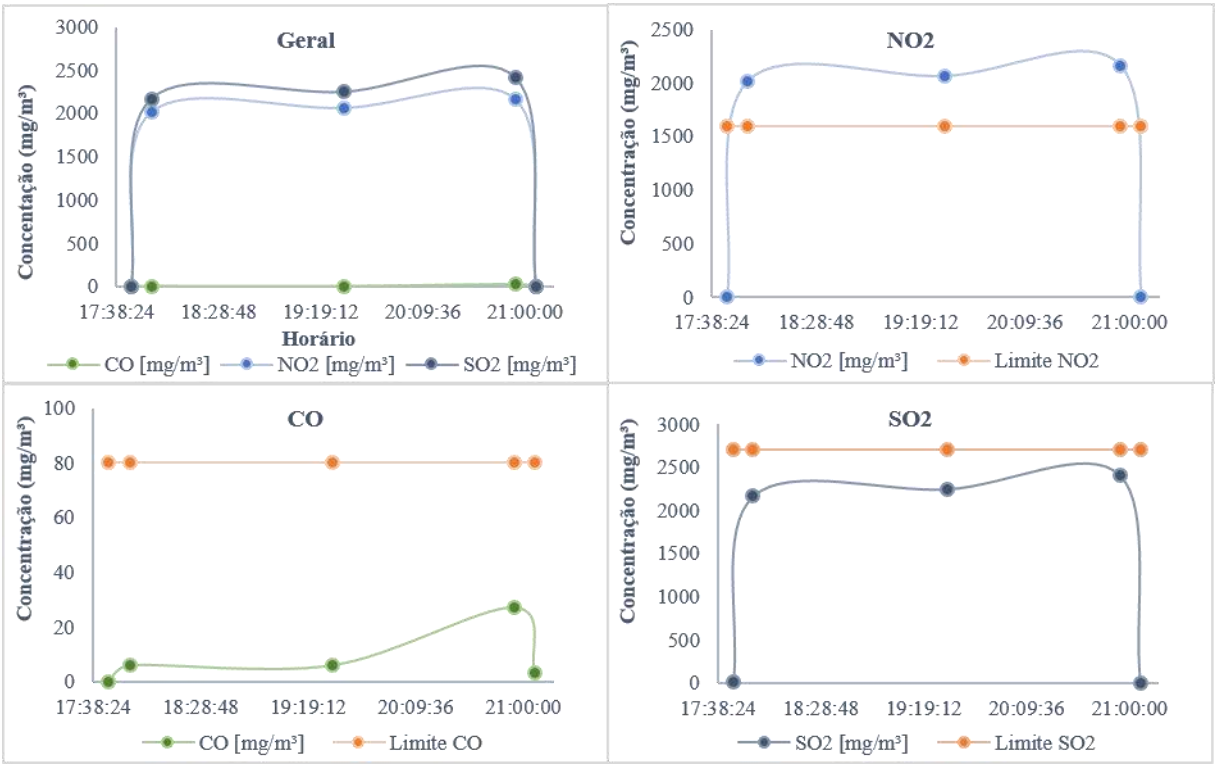



Figura 3. Concentrações de poluentes emitidas pelo gerador e comparação com a legislação.

Os limites para emissão de $NO_2$ estabelecidos pela Resolução CONAMA 436 são ultrapassados durante as três horas de operação do gerador e estes resultado alerta para a necessidade da instalação de filtros nas saídas de gases do gerador e realização de manutenção nas máquinas, visto que as altas concentrações de $NO_2$ obtidas também podem estar relacionadas com a falta de manutenção dos equipamentos.

Quanto ao $SO_2$, as concentrações estão muito próximas ao limite da Resolução e desta forma, apresentam um nível de alerta pois, além dos danos causados à saúde humana, sabe-se que a oxidação do $SO_2$ é responsável pela formação de um poluente atmosférico secundário, o $H_2SO4$, ou ácido sulfúrico, principal componente da chuva ácida.

O único poluente monitorado que apresentou concentrações de emissões dentro dos limites foi o monóxido de carbono (CO).

Estes resultados alertam para a necessidade urgente da instalação de filtros nas chaminés do gerador a fim de reduzir a concentração de $SO_2$ e $NO_2$ emitidas e desta forma assegurar que os padrões de qualidade do ar sejam mantidos para esta área.

## 4. CONCLUSÃO

As emissões atmosféricas provenientes do gerador elétrico do campus I da Universidade de Passo Fundo encontram-se em níveis preocupantes. As concentrações de dióxido de nitrogênio ($NO_2$) apresentaram valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 436/2011 e as concentrações de dióxido de enxofre ($SO_2$) estão muito próximas ao limite máximo permitido pela normativa. Desta forma, fica iminente a possibilidade de a operação do gerador não estar respeitando os padrões ambientais estabelecidos.

Outra implicação deste trabalho foi a constatação de que as emissões atmosféricas provenientes do gerador ocorrem continuamente durante as três horas de operação. Em função disto e das altas concentrações de poluentes identificadas nas emissões do gerador, sugere-se a implantação de filtros nas três chaminés, e junto disto, a continuidade do monitoramento das emissões atmosféricas neste ponto inclusive após serem atingidos os padrões de emissões.

Para trabalhos futuros, sugere-se que o monitoramento das emissões atmosféricas contemple outros poluentes atmosféricos como o material particulado, o ozônio e o dióxido de carbono.

Por fim, este trabalho contribui para ações de melhoria na gestão ambiental do campus universitário e os resultados reforçam a necessidade da busca por fontes renováveis de energia para o campus I da Universidade de Passo Fundo e desligamento do gerador.

## 5. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Divisão de Pesquisa da Universidade de Passo Fundo, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Boubel, R.W., Fox, D.L., Turner, B., e Stern, A.C. (1994) (Ed.) *Fundamentals of air pollution*. 3 ed. San Diego, California: Academic Press.

Brasil. Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>. Acesso em: 07 de jun. 2018.

Frondizi, C.A. (2008). *Monitoramento da qualidade do ar: teoria e prática*. Editora E-papers.

Ganesan, P., Rajakarunakaran, S., Thirugnanasambandam, M., Devarajc, D. (2015). "Artificial neural network model to predict the diesel electric generator performance and exhaust emissions." *Energy* 83, 115-124.

Lackey, L.G. and Suzanne, E. P. (2011). "Influence of feedstock: Air pollution and climate-related emissions from a diesel generator operating on soybean, canola, and yellow grease biodiesel." *Energy & Fuels* 26.1, 686-700.

Lisboa, H.M., Kawano, M. (2007). "Monitoramento de Poluentes Atmosféricos". In: Lisboa, H.M. *Controle da poluição atmosférica*. Montreal, p. 2-70.

Lloyd, A.C., Cackette, T.A. (2001). "Diesel engines: environmental impact and control". *Journal of the Air & Waste Management Association*, v. 51, n. 6, p. 809-847.

Korf, E.P., Daris, D., Brandli, L.L., Frandoloso, M.A.L. e Schwanz, G.S.S. (2015). "Quality Air Monitoring in a Brazilian University: The Use of Passive Samplers". In: Leal Filho, W., Azeiteiro, U.M., Caeiro, S. and Alves, F. *Integrating Sustainability Thinking in Science and Engineering Curricula: Innovative Approaches, Methods and Tools*. Springer International Publishing, p. 281-292.

MRU: Air Emissions Monitoring Systems, Abr. 2018. Disponível em: . Acesso em: 12 de abr. 2018.

Tauchen, J. and Brandli, L.L. (2006). "A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário". *Gestão & Produção*, v. 13, n. 3, p. 503-515.

Universidade de Passo Fundo (2017). Mapa: Campus Universitário da UPF, set/2017. Setor de Engenharia e Projetos. Universidade de Passo Fundo.

Universidade de Passo Fundo (2018). UPF em números 2018/1. Disponível em: <https://www.upf.br/comunicacao/area-imprensa/upf-em-numeros>. Acesso em 14 de abr. 2018.

Vieira, L.C. (2012). "Uso de amostradores passivos para o monitoramento do ar." *Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Ambiental. Universidade de Passo Fundo*.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Arquitetura e Urbanismo: Ensino e Processo de Projeto Arquitetônico

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESPAÇOS PARA HABITAR: REFLEXÕES SOBRE O PROJETO DE INTERIORES RESIDENCIAIS

**Natalia Nakadomari Bula**
URI Erechim, *Campus* II - RS 331, n° 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000, Erechim/RS
nataliabula@uricer.edu.br

**Melissa Laus Mattos**
UFFS *Campus* Erechim, RS 135 Km 72, 200, Caixa Postal 764, CEP 99700-970, Erechim/RS
melissa.mattos@uffs.edu.br

***Abstract.*** *O objetivo deste artigo é refletir sobre projetos de interiores residenciais que considerem o habitar em sua totalidade, não apenas a noção de abrigo, mas as dimensões simbólica, funcional e tecnológica do lar, envolvendo desde as necessidades, hábitos, desejos e preferências de seus moradores até os detalhes construtivos, mobiliário e revestimentos. Discute-se sobre os inúmeros conhecimentos que envolvem o projeto de interiores, o problema da fragmentação do conhecimento e a necessidade da compatibilização dos projetos.*

***Keywords:*** *processo de projeto, arquitetura e urbanismo, projeto de interiores, habitar.*

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto de interiores, ou design de interiores, é uma das inúmeras atribuições do profissional arquiteto e urbanista. Ao contrário do que muitas pessoas pensam, essa atividade vai muito além da simples decoração de ambientes, mas envolve intervenções espaciais, estruturais, de mobiliário, nos acabamentos, de conforto termoacústico, iluminação, sistema de automação e segurança, entre outros.

Para que o arquiteto e urbanista seja capaz de projetar ambientes adequados às pessoas que utilizarão esses espaços, sejam habitacionais, comerciais, corporativos ou de lazer deve conhecer o cotidiano dessas pessoas, os fundamentos de ergonomia, desenho universal, conforto ambiental, estruturas, instalações hidrossanitárias e elétricas, e muito outros conhecimentos que são adquiridos ao longo do curso de arquitetura e urbanismo.

Este artigo apresenta uma visão geral das complexidades envolvidas em um projeto de interiores de habitações, além da necessidade de reflexão e integração entre os aspectos simbólicos, funcionais e tecnológicos nas diversas fases do projeto para que os espaços sejam pensados em todos os detalhes e contribuam com a qualidade de vida de seus habitantes.

## 2. HABITAR

De acordo com Heidegger (2002) ao habitar uma casa o ser humano habita o mundo poeticamente, é o que o filósofo chama de "ser-no-mundo" ou "estar-no-mundo", não se pode ser ou estar separadamente dele. Baseado neste pensamento Pallasmaa (2017) afirma que "O ato de habitar é o modo básico de alguém se relacionar com o mundo".

O habitar seria o que transforma a casa em lar, é a apropriação do espaço na dimensão simbólica. O espaço da casa é o ambiente de privacidade, onde se pode esconder-se, abrigar-se do espaço público da rua. O lar, é onde encontra-se a identidade dos habitantes, que reflete suas necessidades, modo de vida, gostos e preferências. De acordo com Miguel (2003) "Projeta-se a casa, constrói-se a casa. O morador pode fazer dela um lar". Mas existem métodos e estratégias que podem auxiliar o arquiteto e urbanista a tornar a casa potencialmente um lar.

McCarter (2017) assume que os espaços internos ficaram em segundo plano no momento em que se passou a ver a arquitetura como um símbolo de status econômico, o que dá ênfase à forma externa da edificação. Ainda hoje, pode-se dizer que a Sociedade do Espetáculo a que se refere Debord (1997) se vê refletida em nossas cidades e na arquitetura, transformando a arquitetura em um objeto de consumo e esquecendo-se da finalidade maior que é adequar-se ao modo de vida das pessoas.

> A obsessão pelo novo, o não tradicional e inédito apagou a imagem da casa onírica de nosso espírito. Construímos casas que satisfazem, quem sabe, a maior parte de nossas necessidades físicas, mas que não conseguem abrigar nossa identidade. Nos tornamos viajantes rumo a uma utopia inatingível, condenados ao desalojamento do espírito (PALLASMAA, 2017).

Isto é reforçado pelas imagens de arquitetura que veiculam nas mídias de massa, como vários *websites* e revistas não acadêmicas. Primeiro que tais mídias têm, em sua natureza primordialmente visual, a dificuldade de apresentar as qualidades espaciais em sua totalidade, partindo, desta forma para a tentativa de passar a impressão de ambientes fotogênicos que reflitam a imagem de seus moradores, mas que muitas vezes ignoram a verdadeira essência destas pessoas, seu cotidiano e hábitos.

## 3. PROCESSO DE PROJETO

Grande parte das contratações dos projetos de interiores acontecem após a edificação estar construída, caracterizando-se como projeto de reforma ou adequação. Esta modalidade de projeto enfrenta desafios maiores do que um projeto de interiores integrado ao projeto arquitetônico, pois, ao contrário do último, no qual se pensa cada detalhe dos ambientes a partir do modo de vida de seus futuros habitantes, um projeto de reforma ou adequação pode encontrar problemas que chegam a impossibilitar algumas soluções ideais e que seriam simples de resolver com um projeto integrado, gerenciado e compatibilizado.

O processo projetual em arquitetura e urbanismo não é linear, mas um ciclo contínuo de retroalimentação entre etapas de análise, síntese e avaliação que levam desde a formulação do problema até a solução final (Lawson, 2011). O processo de projeto de interiores, da mesma forma, deve ser transparente e a edificação deve ser compreendida como um todo, desde suas etapas iniciais até o produto final. Desta forma, o profissional deve conhecer e aplicar métodos projetuais distintos para cada fase do projeto.

A fase de formulação de problemas é o momento em que o profissional deverá compreender as condicionantes e determinantes do projeto, ou seja, características do local e das pessoas às quais os espaços se destinam. Tanto a análise do local quanto das pessoas envolve questões quantitativas e qualitativas, sendo que as qualitativas são as mais difíceis de se obter, pois são mais complexas. A síntese da compreensão do local e das pessoas nesta fase é que fará com que se chegue em um programa de necessidades, termo que já vem sendo substituído por programa arquitetônico devido sua abrangência para além das necessidades das pessoas.

É a partir deste programa arquitetônico que inicia-se os esboços e modelos de espacialização das primeiras ideias. Se a programação arquitetônica for bem realizada o projeto flui com maior facilidade, caso contrário, o arquiteto terá dificuldades e terá que voltar àquela fase para revisar alguma informação que faltou ou que foi mal interpretada. Ao avançar as fases do projeto os esboços vão sendo definidos, começam a aparecer os desenhos técnicos que incluem detalhes e especificações. É importante que no decorrer do projeto, frente a questões quantitativas como dimensões e custos, o arquiteto não se esqueça das qualitativas. Desta forma, propõe-se que um bom projeto de arquitetura (de interiores) deve abranger três dimensões: as simbólicas, funcionais e tecnológicas (Malard, 2006).

Malard (2006) apresenta quatro fenômenos existenciais da habitabilidade: territorialidade, privacidade, identidade e ambiência. Estes fenômenos existenciais são responsáveis pelos aspectos simbólicos do habitar, que são frequentemente negligenciados em detrimento dos aspectos de funcionalidade e tecnológicos. Um projeto de interiores residencial que contemple os três aspectos terá um impacto mais positivo sobre a qualidade de vida de seus habitantes, envolvendo a totalidade do habitar. Ressalta-se que os aspectos simbólicos, funcionais e tecnológicos estão apresentados separadamente para fins de análise, mas que se sobrepõem nos projetos de forma que, por exemplo, aspectos funcionais reflitam nos tecnológicos e simbólicos.

### 3.1 Aspectos simbólicos

Estudos sobre as qualidades sensíveis da arquitetura não são raros, no entanto, ainda existe uma lacuna entre a teoria e a prática. Como o projeto de interiores habitacionais trata de espaços de intimidade em uma escala mais aproximada do ser humano do que o projeto arquitetônico, esta dimensão se torna ainda mais importante. Alguns métodos a serem adotados para a compreensão das pessoas vem da Psicologia Ambiental ou da Avaliação Pós-Ocupação, que englobam entrevistas semiestruturadas, observações sistemáticas, entre outros que procurem não direcionar as respostas, mas compreender os gostos, desejos e manias das pessoas a quem estes espaços se destinam.

É preciso que o arquiteto e urbanista tenha um olhar treinado para compreender e avaliar os resultados da pesquisa, pois muitas vezes as pessoas não sabem exatamente porque um ambiente lhes agrada ou desagrada. Frequentemente esta etapa de pesquisa e análise para elaboração do problema de projeto e formulação do programa arquitetônico é ignorada ou desprezada, pulando-se direto para as propostas funcionais de layout. Desta forma, a resolução do projeto acaba demorando mais para atingir uma proposta adequada, ou pode até mesmo não chegar nunca a satisfazer as necessidades globais de seus habitantes.

Os aspectos simbólicos podem estar relacionados com os rituais e hábitos das pessoas, por exemplo, o arquiteto deve pensar espaços para os costumes de ler jornais pela manhã, de receber convidados na cozinha como a tradição italiana ou em áreas de churrasqueira, denominadas "festeiros" pelos gaúchos. Também se enquadram as questões individuais como preferências, gostos e memórias afetivas.

### 3.2 Aspectos funcionais

Os aspectos funcionais envolvem os estudos de Ergonomia e Acessibilidade, ou de forma mais abrangente como é entendido o conceito de Desenho Universal, que visa propor objetos e espaços centrados na diversidade do ser humano. Os princípios do Desenho Universal são: 1) uso equitativo; 2) uso flexível; 3) uso simples e intuitivo; 4) informação de fácil percepção; 5) tolerância ao erro; 6) baixo esforço físico e; 7) dimensão e espaço para aproximação e uso (ABNT, 2015).

O uso equitativo visto por meio do conceito de justiça equânime de John Rawls (2000) significa tratar os desiguais de forma desigual para tentar promover a igualdade, ou seja, para que o ambiente possa ser utilizado por todas as pessoas, independente de sua condição física, intelectual ou habilidades deve-se partir dos mais vulneráveis, pois se o ambiente está adequado para que estes utilizem-no com segurança e autonomia, assim será para todos.

O atendimento aos aspectos funcionais em um projeto de interiores frequentemente conflita com escolhas projetuais que valorizam aspectos apenas estéticos dos ambientes. Exemplos comuns são: adoção de mobiliários sem ergonomia e conforto, ou alinhamento dos armários da cozinha em altura superior ao alcance dos moradores. Em outros casos os aspectos funcionais não são apenas preteridos em relação aos estéticos, mas esquecidos ou ignorados em função da falta de conhecimento sobre o cotidiano dos moradores. Por exemplo, áreas de serviços são projetadas sem considerar a necessidade de uma área para varal, pontos de luz centrais nos ambientes que geram sombra nas áreas de trabalho, e ainda dormitórios pequenos com janelas centralizadas no ambiente que impedem a disposição de guarda-roupas nos dois lados.

### 3.3 Aspectos tecnológicos

Os aspectos tecnológicos são os pragmáticos, o "como fazer". Para que se consiga obter um projeto com as qualidades que se deseja é preciso conhecer as propriedades dos materiais, seu comportamento termoacústico, visual, além das relações entre os materiais, conexões e detalhes construtivos. No entanto, este conhecimento técnico deve estar sempre articulados com conhecimento de seus aspectos funcionais e simbólicos. Por exemplo, a escolha de um piso de porcelanato com as características visuais da madeira pode ser justificada por sua facilidade de manutenção, mas este material não possui as mesmas características de temperatura e acústica que a madeira, desta forma, ao caminhar sobre ele descalço perde-se a relação sensorial que a impressão visual fornece, transformando-se em um piso frio e que provavelmente será coberto por tapetes para aumentar o conforto dos moradores. Caminhar neste mesmo piso de sapatos com solados mais duros ou com salto alto resultará em ruídos intensos que podem incomodar as pessoas no ambiente onde está e nos adjacentes.

Encontra-se também escolhas estéticas de fachadas que refletem no uso do ambiente, como as lajes técnicas de ar-condicionado localizadas exteriormente aos dormitórios, ocasionando ruídos e vibrações no ambiente de uso noturno, enquanto poderiam estar mais próximas a ambientes que não se destinam ao repouso.

A escolha do mobiliário e revestimentos não deve ser, portanto, apenas balizada no gosto, mas por decisões técnicas sobre as propriedades dos materiais como reverberação do som, reflexão da luz, durabilidade, resistência e facilidade de manutenção, seja da limpeza do dia a dia ou da reposição de peças caso necessário.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram citados alguns desafios recorrentes na elaboração do projeto de interiores, e percebe-se que a maior parte deles resulta da visão fragmentada que se tem deste projeto em relação às suas dimensões simbólica, funcional e tecnológica e também em relação ao projeto arquitetônico e complementares.

Como em qualquer outra profissão, a fragmentação disciplinar causa alguns problemas. Como cada parte do projeto e execução acaba ficando sob responsabilidade de um profissional, é preciso haver diálogo entre o cliente, o arquiteto, o fornecedor do produto, o instalador, o engenheiro e outros possíveis envolvidos. Isso pode evitar erros, pois cada um tem a experiência de uma fase do processo e contribui para a totalidade da obra. Cabe ao arquiteto e urbanista avaliar estas questões, compatibilizar os projetos e gerenciar a obra para certificar-se que está sendo executada como no projeto.

Enfim, o projeto de interiores envolve complexidades que refletirão diretamente na qualidade de vida dos usuários dos espaços e por isso merece atenção como qualquer outro projeto. Nenhuma etapa deve ser desconsiderada para não prejudicar o resultado final.

## 5. REFERÊNCIAS

ABNT, 2015. *"NBR9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos."* Rio de Janeiro.
Debord, G. 1997. *"A Sociedade do espetáculo: comentários sobre a sociedade do espetáculo."* Rio de Janeiro: Contraponto.
Heidegger, M. 2002. Construir, habitar, pensar. In: Heidegger, M. *"Ensaios e conferências."* Petrópolis: Vozes. Pp.125-141.
Karlen, M. 2010. *"Planejamento de espaços internos: com exercícios."* Porto Alegre: Bookman.
Lawson, B. 2011. *"Como arquitetos e designers pensam."* São Paulo: Oficina de Textos.
Malard, M. L. 2006. *"As aparências em arquitetura."* Belo Horizonte, Ed. UFMG.
McCarter, R. 2017. *"The space within: interior experience as the origin of architecture"*. London: Reaktion Books.
Miguel, J. M. C. 2003. *"A casa."* Londrina: Eduel, São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.
Pallasmaa, J. 2017. *"Habitar."* São Paulo: Gustavo Gili.
Rawls, J. 2000. *"Uma teoria da justiça."* São Paulo: Martins Fontes.

## 6. AVISO DE RESPONSIBILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material publicado neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESAFIOS DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM: FOCO NAS DISCIPLINAS DE PROJETO ARQUITETÔNICO

**Vanessa Tibola da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
vanessarocha@uricer.edu.br
**Roberta Grendene**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
rgrendene@uol.com.br

***Resumo.*** *O ensino da arquitetura e do urbanismo instiga alunos e professores. Isso porque, é preciso responder aos anseios da sociedade contemporânea, que apresenta cada vez mais demandas com menos recursos. Desde a criação do primeiro curso de arquitetura no Brasil já se passaram mais de 200 anos e ainda restam lacunas no processo de ensino e aprendizado, principalmente, nas disciplinas de projeto arquitetônico. Esse cenário de desafios envolvendo o aprendizado de projeto arquitetônico é global. Isso porque, faltam metodologias consistentes que retratem as etapas de ensino de forma clara e lógica. Há diferentes contextos entre os métodos de ensino e aprendizagem das disciplinas de projeto arquitetônico uma vez cada acadêmico é um e tem suas potencialidades e limitações, bem como os professores envolvidos no processo. O objetivo deste artigo é apresentar um levantamento descritivo de métodos de ensino da disciplina de Projeto de Arquitetura. A metodologia do trabalho é descritiva, baseada na análise de conteúdo, de caráter exploratório e qualitativa. Os resultados reforçam a ineficiência dos métodos de ensino das disciplinas de projeto de arquitetura no país. No entanto, cada pessoa é única (professores, alunos) e cada qual irá ''encontrar'' suas estratégias de desenvolvimento e criação do projeto de arquitetura.*

***Palavras-chave:*** *Ensino da arquitetura, alunos, professores, desafios, projeto arquitetônico.*

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o decreto de Dom João VI até a atualidade, houve muitas transformações, não apenas no âmbito do ensino, mas também na organização da sociedade, na formação das cidades e como consequência, na arquitetura e no urbanismo. A sociedade mundial adentrou o século XXI com mais da metade de sua população urbana. No Brasil mais de 84% das pessoas vivem em cidades. E, isso é um desafio cada dia maior para a gestão pública, a sociedade civil e para os arquitetos e urbanistas. Nesse sentido, falamos de um país cada vez mais urbano, onde, o planejamento urbano é precário, com mobilidade urbana ineficiente, sem acessibilidade e exclusões social eminente. Ainda, as transformações sócio econômicas, ambientais e tecnológicas são constantes e diante disso, se faz necessário repensar não apenas o ensino, mas o exercício profissional dos arquitetos e urbanistas. Esta nova forma de ver a profissão, somente será possível decorrente do desfio que é repensar a vida acadêmica de forma à permear (no sentido de deixar transparente) o ensino da arquitetura e urbanismo (UNESCO, 2008; URB.LAB, 2015; CAU-RJ, 2016).

Se por um lado, se houve falar em "mercado de trabalho saturado" com um número cada vez maior de universidades sendo criadas sem critérios de qualidade de ensino, apenas com um foco comercial. Por outro é nítido o universo precário a ser trabalhado exaustivamente pelos arquitetos e urbanistas em formação, levando em consideração as demandas em âmbito social e urbano, citadas acima e presentes não apenas no território nacional (UNESCO, 2008; CAU-RJ, 2016).

Conforme o CAU do Rio de Janeiro (2016), a profissão de arquiteto e urbanista perdeu, com o passar dos anos, um pouco de sua essência, tornando-se de certa forma banalizada e não acessível a todos. A arquitetura e o urbanismo vão muito além de grandes projetos elitizados. E, deve acima de tudo visar o bem estar social, desenvolvimento urbano, a sustentabilidade e é essencial para amenizar o déficit habitacional e consequentemente os problemas urbanos. Assim, os aspectos dentro desta realidade, anteriormente discutida, precisam ser o foco do ensino da arquitetura e do urbanismo em qualquer Instituição de Ensino Superior (IES), que ofereça um curso de graduação em arquitetura e urbanismo.

Em se tratando de novas metodologias, é interessante destacar o exemplo das práticas da UFRJ, dentre elas: a de instigar o aluno à reflexão sobre qualidade de vida, desenvolvimento sustentável e sobre a missão do arquiteto; fazendo

com que o aluno vá muito além dos aspectos estéticos e funcionais do edifício, atingindo de fato um amadurecimento de ideias que integram a responsabilidade social do profissional de arquitetura e do urbanismo com o contexto de cidade e das pessoas que vivem nela (CAU-RJ, 2016; ORNSTEIN & CÉSAR, 2017). Ainda, Duarte & Cohen (2003) seguem afirmando que:

> "Em nossa opinião procurar fazer com que o aluno tome consciência de que é necessário reinventar uma nova ordem ambiental mais igualitária, é em essência, apostar na capacidade destes jovens universitários, potencialmente formadores de opinião, de fazer emergir os ideais almejados pela conferência do Rio 92 e por tantos outros fóruns, pois sabemos que não haverá jamais soluções cientificas e industriais realmente eficazes para o desenvolvimento do planeta sem a efetiva transformação das mentalidades, das estruturas sociais e dos hábitos individuais e coletivos" (Duarte & Cohen, p. 170, 2003).

Segundo Duarte & Cohen (2003), a metodologia aplicada à Acessibilidade e Desenho Universal, para a maioria dos alunos, continuava sendo apenas uma simples questão técnica. A fim de reverter esta situação a FAU/UFRJ implementou a disciplina optativa de "Métodos e Técnicas de Projeto Inclusivo", com experiências em sala de aula, e em campo. Com um método de ensino dinâmico, onde todo o ensinamento remete às práticas de projeto. Após pesquisar conceitos sobre acessibilidade para pessoas portadoras de deficiências, os alunos são convidados a experimentar um espaço da universidade usando vendas, como se fossem cegos, com a finalidade de vivenciarem o dia a dia de pessoas que possuem esta dificuldade. Assim, são surpreendidos e tomam consciência de outra realidade. Da mesma forma, também, são convidados a se locomoverem pelo campus ou pelas salas de aula através de cadeira de rodas, vivenciando todas as dificuldades enfrentadas pelos cadeirantes.

Com estas experiências vividas, retornam as salas de aula e refazem seus projetos, utilizando cola-relevo sobre papel para discutirem as novas soluções projetuais com deficientes visuais e também com os cadeirantes. Desta forma, alguns dos objetivos da disciplina - que são sensibilizar o aluno de arquitetura sobre as necessidades espaciais e ambientais da diversidade humana, buscando uma visão mais humanística da profissão e demonstrar que a inclusão e o projeto esteticamente correto são compatíveis - são atingidos.

A arquitetura e o urbanismo representam a sociedade e o modo de vida desta no todo. Nesse contexto, um bloco arquitetônico extremamente funcional, confortável, esteticamente bonito e inserido em um "bom contexto urbano'' não é uma solução excelente se não for acessível a todas as pessoas e, da mesma forma, no entanto proporcionalmente inversa. Assim, a arquitetura deve de fato contribuir para a qualidade de vida de todas as pessoas, independentemente de qualquer limitação física, visual, social e/ou econômica de um indivíduo. Porém, para que um profissional de arquitetura e urbanismo saiba dar estas respostas emergentes é necessário que a graduação lhe proporcione um aprendizado crítico, integrado, multidisciplinar e filosófico.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar um levantamento descritivo de métodos de ensino da disciplina de Projeto de Arquitetura.

## 2. MÉTODO

A Figura 1, a seguir, elaborada de acordo com Gil (2008) ilustra o esquema metodológico do artigo.

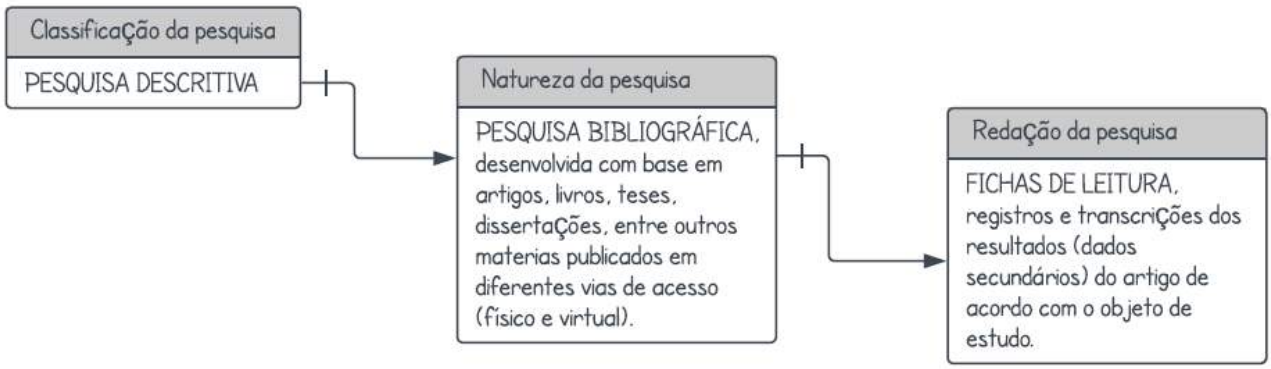



Figura 1 – Metodologia do artigo
Fonte: Elaborado pelos autores com base em GIL (2008).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 O ensino das disciplinas de projeto arquitetônico

O ensino por si só é algo que desafia educador e educando. Como saber se de fato uma pessoa está absorvendo todo/ou boa parte dos conteúdo e das informações que lhe são passadas ao longo de sua formação? Como atingir os diferentes estímulos de aprendizagem (auditiva, visual, descritiva, ou integrada) em um sala de aula repleta de alunos, com limitações e particularidades individuais? Como, de fato, cativar a atenção de um aluno e fazer com que este se envolva com a aula e a disciplina, se ele tem consciência que, na maioria das vezes seus estudos em nível de anteprojeto não serão executados?

É nesse contexto de indagações e incertezas que boa parte dos mestres dos cursos de arquitetura e urbanismo se encontram, ao menos os que estão preocupados com a formação de qualidade dos seus acadêmicos e a realidade da sociedade. No entanto, segundo Silva (1986), esses fatores fazem parte do processo educativo em arquitetura e urbanismo e não são tópicos fáceis de serem trabalhos (no sentido de ter um resultado absoluto), isso porque tem sua origem, no que a autora classifica como: "crise'' e em diferentes níveis, são do macro para o micro: crise da civilização ocidental; crise cultural do III mundo; crise cultural do país; crise no ensino superior; crise no ensino de arquitetura; crise na disciplina, neste caso – em especial – disciplinas de projeto de arquitetura. Assim, a autora enfatiza que, diante de tantas e diferentes crises é necessário agir de modo circunscrito e que contribuam para o ensino e a aprendizagem nas disciplinas de projeto de arquitetura.

Nesse sentido, é necessário encontrar meios estratégicos e eficientes para o envolvimento e o aprendizado do aluno. E, desse modo conforme a Figura 2.a e 2.b, Silva (1986) salienta a evolução do ensino das disciplinas de projeto de arquitetura que, precisa ser ativo (Figura 2.b) e não reativo (Figura 2.a).

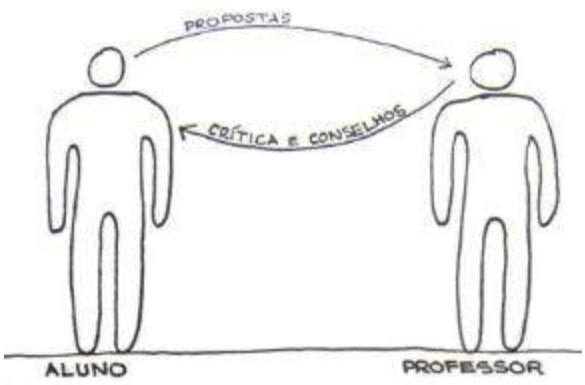



Figura 2.a – Ensino reativo
Fonte: Silva (1986).

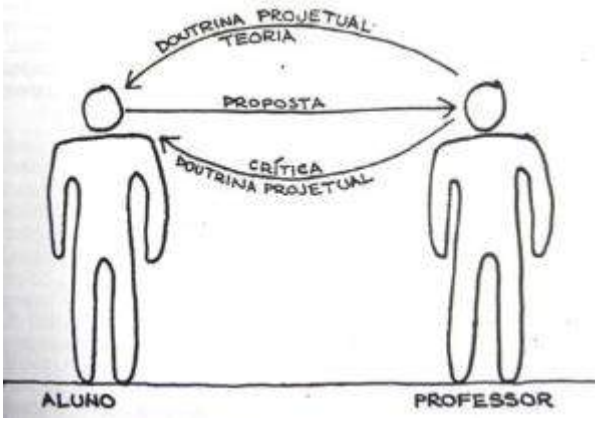



Figura 2.b – Ensino ativo
Fonte: Silva (1986).

Para alguns autores (SILVA, 1986; ORNSTEIN & CÉSAR, 2017; MIZOGUCHI, 2015; DUARTE & COHEN, 2003), o ensino da arquitetura e do urbanismo desenvolvido com foco no acadêmico e nos seus diferentes estímulos e potencias é fundamental para que os alunos recebam esse aprendizado de forma integrada e continuada ao longo da vida e, principalmente na sua atuação profissional no mercado de trabalho - na comunidade onde estará inserido.

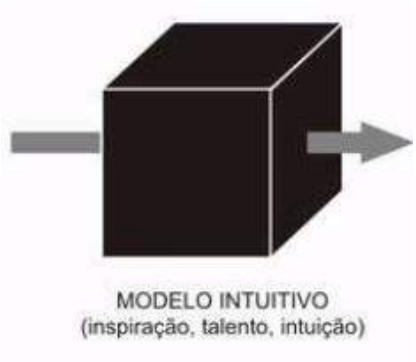



Figura 3.a – A caixa preta
Fonte: Silva (1986).

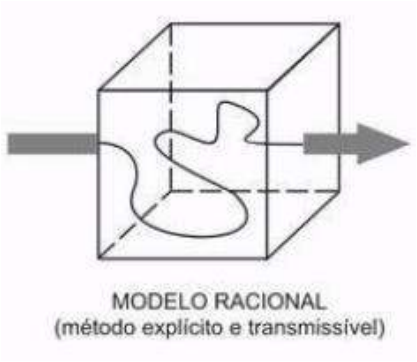



Figura 3.b – A caixa de vidro
Fonte: Silva (1986).

De acordo com Silva (1986), um das principais barreiras oferecidas de forma involuntária pelos mestres dos cursos de arquitetura e urbanismo em nível nacional, que é foco desta pesquisa, diz respeito ao modo de concepção inicial do projeto. Isso porque, ainda existem professores que insistem que o desenvolvimento deve partir da inspiração, do talento

e da intuição (o sistema caixa preta do projeto, Figura 3.a). Enquanto que, o fator primordial e de fato eficiente para o ensino e a aprendizagem está no sistema caixa de vidro (Figura 3.b), onde qualquer aluno consegue diante de suas capacidades cognitivas compreender o processo de criação e desenvolvimento do projeto devido a sua transparência, principalmente, no que se refere aos processos metodológicos.

Sendo assim, muitos são os desafios direcionas aos acadêmicos e os professores têm o papel primordial de esclarecer as diferentes possibilidade, durante o desenvolvimento de um anteprojeto. E, essas possibilidades vão muito além dos rabiscos inicias do estudo do projeto, esse aprendizado precisa estimular o aluno a se ver como futuro profissional, atuando no contexto local. Ainda, o professor deverá ser atento e observar cada aluno, suas particularidades e o incentivar na criação de estratégias cognitivas, direcionando suas facilidades de ensino e aprendizagem. Sendo assim, quanto mais transparente o processo de ensino for, maior as possibilidade de um aprendizado conjunto (professores e alunos).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, cabe as instituições de ensino, principalmente aos professores, resgatarem a essência do papel do arquiteto na sociedade. Assim, os docentes devem nortear estes discentes durante todo o desenvolvimento do curso de graduação para que consigam se tornar arquitetos realmente comprometidos com a profissão e que futuramente possamos dizer que arquitetos e urbanistas, através de conhecimento e de um olhar sensível, realmente transformam vidas, melhoram realidades urbanas caóticas transformando-as em lugares agradáveis de se viver.

## 5. REFERÊNCIAS

CAU-RJ, 2016. Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro. *Duzentos anos do ensino de arquitetura no Brasil: história e reflexões*. 10 Set. 2018 <http://www.iab.org.br/noticias/duzentos-anos-do-ensino-de-arquitetura-no-brasil-historia-e-reflexoes>.

Duarte, C R. & Cohen, R., 2003. *O Ensino da Arquitetura Inclusiva como Ferramenta para a Melhoria da Qualidade de Vida para Todos.* In: PROJETAR 2003. (Org.). Projetar: Desafios e Conquistas da Pesquisa e do Ensino de Projeto. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2003, p. 159-173.

Gil, A. C, 2008. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. Antônio Carlos Gil, 6. ed, São Paulo: Atlas, 2008. 15 de Ago. 2018 < https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>.

Mizoguchi, I. 2015. A formaçao do arquiteto. Porto Alegre: Corag/CAU-RS, 2015

Ornstein, S. W. & César, J. C. O., 2006. Projetar 2005, Rio de Janeiro: A importância dadiscussão sobre as experiências em ensino epesquisa em projeto De arquitetura. 20 de Ago. 2018 <https://www.researchgate.net/publication/270549072_Projetar_2005_Rio_de_Janeiro_a_importancia_da_discussao_sobre_as_experiencias_em_ensino_e_pesquisa_em_projeto_de_arquitetura>

Silva, E. 1986. *Sobre Renovação do Conceito de Projeto Arquitetônico e sua Didática*. In: Projeto arquitetônico disciplina em crise, disciplina em renocação. São Paulo, Projeto CNPQ, 1986, 96p.

UNESCO, 2008. *A UNESCO e as cidades: uma parceria*. 12 Ago. 2018 < http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001561/156108por.pdf>

URB.LAB, 2015. *Em 30 anos, a população urbana mundial deve ultrapassar as 6 bilhões de pessoas*. 20 de Ago. 2018 <https://urbe.me/lab/em-30-anos-a-populacao-urbana-mundial-deve-ultrapassar-as-6-mil-milhoes-de-pessoas/>

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI

# Arquitetura e Urbanismo: Qualidade do Projeto

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A RELEVÂNCIA DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Cristiane Fátima Stolarski**
**Darllan Fabiani da Silva Santos**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
*cristiane.cfs10@hotmail.com/darllanfabiani@gmail.com*

***Resumo:*** *No contexto atual o setor da construção civil é comum a ocorrência de erros e retrabalhos que geram custos extras não planejados. A maioria das vezes, estes erros são fruto de um projeto não compatibilizado ou a falta de informações suficientes para a execução de uma obra com qualidade e de acordo com as exigências específicas do cliente. Porém a elaboração de um projeto com todas as informações e detalhes necessários, pode levar tempo para ser concluído, se não forem utilizadas ferramentas mais eficientes, que viabilizem maior produtividade, em menor tempo. Com isso, o objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens e desvantagens entre duas plataformas. A plataforma convencional utilizada pela maioria dos escritórios AEC (Arquitetura Engenharia e Construção); CAD (Desenho assistido por computador) e a plataforma BIM (Modelagem da Informação), há pouco tempo no mercado, mas que segundo estudos de outros autores, tem por características muitas funções, que beneficiam o setor da construção civil. Com o propósito de avaliar a produtividade entre elas, este trabalho apresenta um estudo de caso, a partir de um projeto de edificação, que está sendo executado e disponibilizado por uma construtora de Erechim/RS, e foi redesenhado em ambas as plataformas, sendo cronometrado o tempo de elaboração de cada uma delas. Além disso, foi realizada uma análise do software Revit como forma de exemplificar a aplicação da metodologia BIM, visto que projetos elaborados nesta plataforma tendem a apresentar maior vantagem competitiva por permitirem maior coordenação e qualidade no projeto. Com um melhor controle dos processos, este por sua vez, proporcionaria uma redução de erros e, consequentemente, uma significativa redução dos custos gerados em obra.*

***Palavras- Chave:*** *Projeto. Qualidade. BIM (Modelagem da Informação). Produtividade.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da complexidade dos sistemas construtivos, edificações mais modernas e novas técnicas de construção, o volume de informações necessárias para a execução de um projeto tem ficado cada vez maior e consequentemente, passa a apresentar uma maior vulnerabilidade a erros de projetos e de execução.

Segundo Gnipper (2010), a fase de projeto é a principal responsável pela parcela de perdas devido às incompatibilidades entre o projeto principal e os complementares, o que dificulta a execução. O autor complementa que a utilização de programas ineficientes, a inabilidade na utilização de programas competentes disponíveis no mercado e a análise incoerente dos resultados gerados pelos mesmos, são algumas das causas do projeto incompatibilizado.

Surgiu então a necessidade de aperfeiçoar o processo de concepção de projetos de edificações com o intuito de interagir com a execução nos canteiros de obras. O setor da construção civil passou por constantes transformações a fim de melhorar a qualidade da obra atendendo aos prazos, utilizando- se de novos softwares com metodologias mais modernas de elaboração de projetos, para assim, possibilitar uma execução mais ágil e eficiente.

O conceito BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelagem da Informação da Construção é o sistema de melhor desempenho para a coordenação de projetos. Um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital (EASTMAN et al, 2014). Contendo toda a geometria, materiais e componentes da edificação, este organiza em uma mesma base de informações, um banco de dados de toda a obra, além de antecipar eventuais problemas de compatibilização e interferências ainda na fase de projetos, garantindo a eficiência da obra e evitando retrabalhos e sobre custos.

A busca pela qualidade do projeto e o elevado índice de retrabalho, devido à falta de compatibilização dos projetos, além de elevados custos desnecessários em obra, gerados pelas interferências entre disciplinas (projetos), são os principais motivos para a busca da inserção da metodologia BIM. Segundo Eastman et al. (2014) a possibilidade de surgimento de retrabalhos e mudanças de projeto podem ser minimizados porque possíveis alterações, colisões e novas exigências de clientes que causa retrabalhos podem ser corrigidos na fase concepção como também custos extras e extensão da duração da construção podem ser minimizados muito devido a estas razões.

Apesar do conhecimento das vantagens da compatibilização de projetos, são poucas as empresas do Brasil que utilizam essa plataforma. Portanto, o propósito deste trabalho é apresentar, por meio de um estudo de caso, o conceito BIM, com a comparação entre as plataformas e avaliar as vantagens e desvantagens de ambas, bem como a produtividade, a otimização do tempo de projeto e os custos gerados pelas interferências identificadas durante a execução do projeto.

## 2. METODOLOGIA

Para a realização do estudo comparativo deste trabalho foram disponibilizados por uma construtora de Erechim/RS os projetos em arquivo dwg: arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico.

O objeto do estudo é conjunto de projetos de uma edificação residencial que está sendo executada pela construtora. A edificação terá cinco pavimentos tipo, um pavimento cobertura, térreo e dois subsolos para garagem, com área total de 4.320,97 m². Além disso, são 34 apartamentos e 8 quitinetes no total.

### 2.1 Desenvolvimentos e processos

O estudo de caso tem o objetivo de avaliar as duas plataformas CAD e BIM, foi realizado em duas etapas. Na primeira, a avaliação do tempo de modelagem de cada plataforma, bem como as ferramentas e características mais relevantes de cada uma delas. Já na segunda etapa foi feita a identificação das interferências dos projetos elaborados na plataforma BIM com o intuito de analisar os conflitos de projetos elaborados de forma sequencial e em arquivos diferentes, além da verificação as interferências em obra, correção dos projetos e análise de custos em relação ao comparativo de tempo de modelagem e custos decorrentes das correções feitas.

### 2.2 Modelagem e comparativo do tempo entre as plataformas

Inicialmente foi feito o comparativo de tempo de modelagem entre as plataformas onde os projetos foram elaborados em duas etapas: a primeira utilizando totalmente o método tradicional CAD (*Computer Aided Design*, Desenho Assistido por Computador) e a outra fazendo uso do BIM (Modelagem da Informação da Construção).

Para melhor elencar as vantagens e desvantagens dos dois *softwares*; *AutoCAD e Revit*, a elaboração do projeto foi cronometrada em etapas nas quais foram dividas, segundo o esquema da Figura 1, que facilitou a análise detalhada dos *softwares* para com cada projeto. Os projetos foram elaborados e cronometrados separadamente. Anotando-se a hora inicial e a hora final de cada etapa, utilizando o próprio timer do notebook usado para a elaboração deste trabalho. Ao fim, fez-se a somatória das horas de cada etapa assim como as horas totais de cada projeto, além de um tempo total utilizado por cada plataforma.

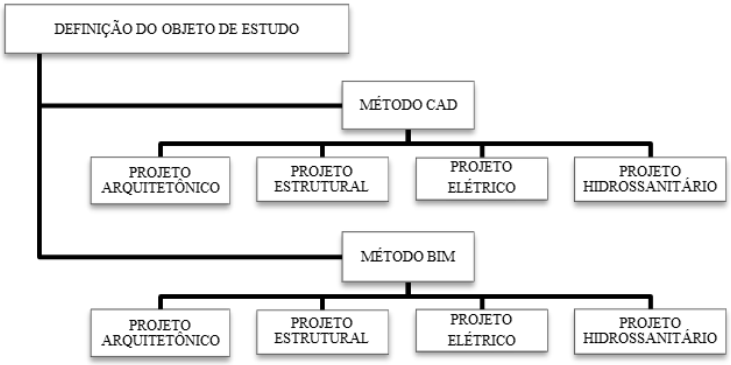



Figura 1. Esquematização do processo do estudo de caso

### 2.3 Análise das interferências

A etapa seguinte consiste na identificação das interferências do modelo. Para isso, foram importados os projetos modelados no *Revit*, em formato IFC, num único arquivo do *software Navisworks* da plataforma BIM.

Na Figura 2, podemos ver os projetos em um único arquivo, onde cada disciplina foi designada com uma cor para facilitar a visualização e a identificação dos conflitos.

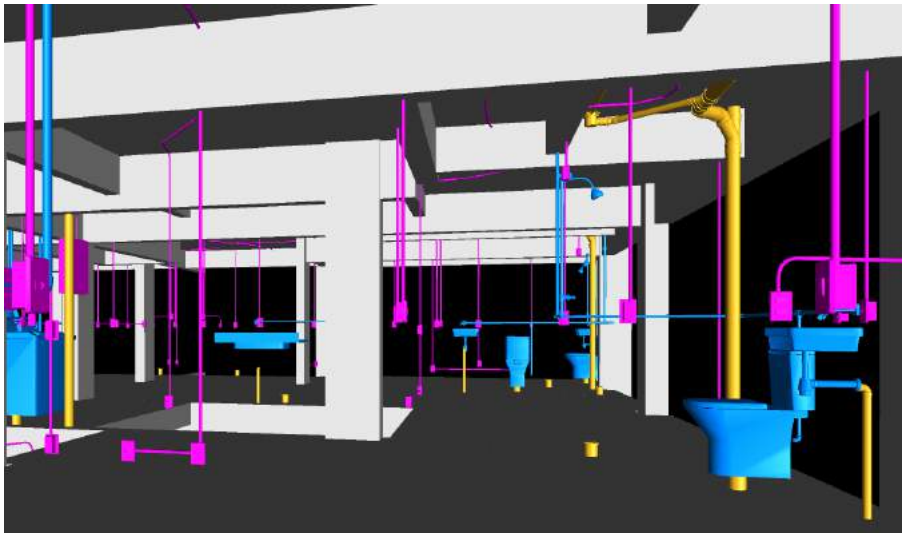


Figura 2. Visualização 3D dos projetos no *software Navisworks*

Com o recurso deste *software*, as interferências foram identificadas através de testes de conflito (*clash detection*) onde foram checados elementos de todos os projetos, fazendo a análise comparativa entre todas as disciplinas. Ela ocorre através de testes de interferências com *Hard*, que detecta diferentes geometrias que ocupam o mesmo lugar no projeto e distâncias de aproximação variadas dependendo da disciplina.

As interferências encontradas foram classificadas no clash detection como Ativos (*Active*) para os tipos de interferências encontradas e aprovado (*Approved*) para interferências irrelevantes que o programa identificou ou falsas interferências oriundas do processo de modelagem. Além disso foram separadas em categorias, conforme os objetos em conflito. Os resultados foram baseados nos relatórios gerados pelos testes de *clash detection*, onde foram quantificadas as interferências encontradas por categoria.

Após os conflitos foram verificados em obra, bem como as soluções definidas durante a execução frente as situações de incompatibilidades dos projetos encontradas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Gráfico 1 apresenta o tempo gasto em horas que cada plataforma levou para a elaborar os projetos de cada disciplina. O BIM se mostrou mais produtivo, em relação ao CAD, nos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações elétricas. Mas o tempo gasto no hidrossanitário foi maior comparando com a outra plataforma, isso porque no *software* utilizado apresenta uma dificuldade na inserção dos elementos como conexões, ralos e tubulações. No entanto, assim como o projeto hidrossanitário no *software AutoCAD* teve auxilio do plug-in *HidroCAD*, existem plug-ins para o *Revit*, como por exemplo o aplicativo *TigreCAD* da empresa Tigre, que possui uma interface gráfica e um conjunto de ferramentas especiais para a inserção além de disponibilizar uma ampla biblioteca de famílias de elementos hidrossanitários.

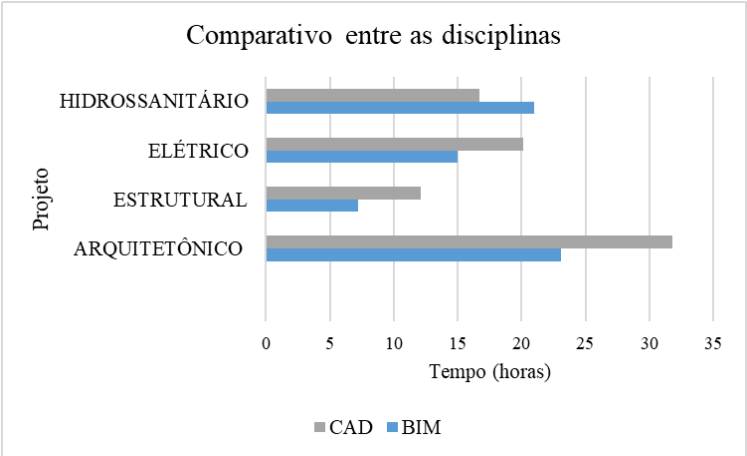



Gráfico 1. Comparativo de tempo entre as disciplinas

De acordo com o Gráfico 2, no comparativo de tempo final, o BIM teve uma vantagem de 14,46 horas em relação ao CAD, considerando 8 horas de trabalho diário, um pouco menos de dois dias de trabalho em um escritório AEC.

Essa diferença pode ser considerada pequena, entretanto é importante analisar que para a elaboração dos projetos no *AutoCAD* foi utilizado plugins e outros programas que facilitaram a modelagem e assim aumentado a produtividade.

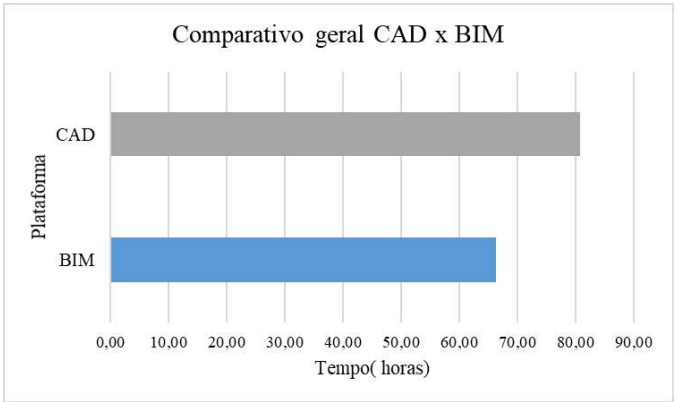



Gráfico 2. Comparativo de tempo CAD x BIM

As vantagens do *Revit* vão além do tempo de produção, como melhor representação visual, melhor representatividade e a parametricidade, o que garante gerar projetos editáveis que podem ser alterados automaticamente. Além de tudo, o tempo de modelagem 3D para visualização tridimensional é dispensado pois ele é gerado em consequência da modelagem 2D, que pode ser renderizada no próprio *software* que disponibiliza essa ferramenta também.

O uso da plataforma BIM, na produção de projeto hidrossanitário, apresentou-se menos eficiente que o método CAD em relação ao tempo de elaboração, porém outros aspectos se mostraram mais vantajosos, possíveis somente com uso de um modelo BIM. Entre estes aspectos cabe ressaltar a possibilidade de verificação automática de interferências, a criação de um modelo consistente e integrado de todo o projeto, o menor tempo para atualizações do projeto executivo.

O *AutoCAD* apresenta uma vantagem em relação ao *Revit*. A personalização que permite a criação de qualquer objeto, pois o *software* BIM possui uma biblioteca de famílias muito pobres ainda e poucas são encontradas no mercado, além do mais, a maioria das que existem, seguem as normas estrangeiras que acabam dificultando a aplicação na construção virtual de acordo com as normas brasileiras, contudo Menezes (2011), acredita que acredita- se que estas tendem a diminuir com o passar do tempo.

Na análise de interferências os elementos em conflito puderam ser estudados e analisados, caso a caso. No teste de interferências entre arquitetônico e estrutural, foram encontrados dois tipos de *Clashes* mais recorrentes na análise dos dois tipos de projetos, a intersecção entre pilares e esquadrias e vigas com alturas incompatíveis ao projeto arquitetônico causando interferências com as esquadrias.

O teste entre arquitetônico esgoto foram identificadas tubulações passando pela alvenaria foram identificadas como interferências, portanto foram classificadas como aprovadas. Apenas conexões de tubulação de esgoto foram consideradas. Por análise visual foi identificada também a falta de shafts em alguns ambientes.

Na análise entre arquitetônico e água fria e arquitetônico e elétrico, a maioria das interferências apontadas pelo *software* foi aprovada, pois ficou constatado que as tubulações inseridas nas alvenarias e no piso eram tratadas como interferências, a partir deste momento, foram ignoradas.

Dentre os problemas relacionados com a estrutura e as instalações elétricas, os furos não previstos para passagem de tubulações são os mais recorrentes. Eles ocorrem devido à falta de detalhamento das passagens em lajes e vigas ou devido à elaboração independente de cada projeto. Ocorrem também, problemas relacionados à passagem de prumadas e quadros de distribuição posicionados próximos a pilares.

No teste entre estrutural e esgoto, verificou-se que em vários casos as tubulações transpassavam perpendicularmente e paralelamente as vigas assim gerando interferências, assim como tubulações atravessando paralelamente e perpendicularmente alguns pilares, assim como algumas caixas de inspeção em conflito com vigas, isso tudo devido à elaboração independente dos projetos. Dentre as incompatibilidades, 298 são correspondentes às interseções de tubulações com as lajes isso porque não foram previstos furos ou passagens de shafs no projeto estrutural. Foram identificadas as interferências de tubulações com vigas e pilares semelhantes às de estrutural x esgoto, onde tubulações atravessam vigas e pilares paralelamente e perpendicular.

Foram identificadas interferências entre tubulações elétricas e de esgoto em posicionamentos horizontais e verticais, choque entre peças e tubulações diversas.

Dentre os tipos mais comuns estão as interferências entre tubulações elétricas e tubulações de água fria. Ocorreu também conflito entre tubulação de água fria e quadro elétrico e predominância de coincidência de posicionamento de

interruptores e tomadas na mesma posição de pontos de água fria como chuveiro e torneiras que ocorrem pela altura de pontos elétricos coincidirem com pontos hidráulicos.

No Gráfico 3, é possível notar que a grande maioria das interferências identificadas está relacionada ao modelo de instalações. Essa disciplina se encontra presente em 99% dos problemas. Especificamente, o projeto de instalações elétricas que apresentou grande número de interferências com outros projetos.

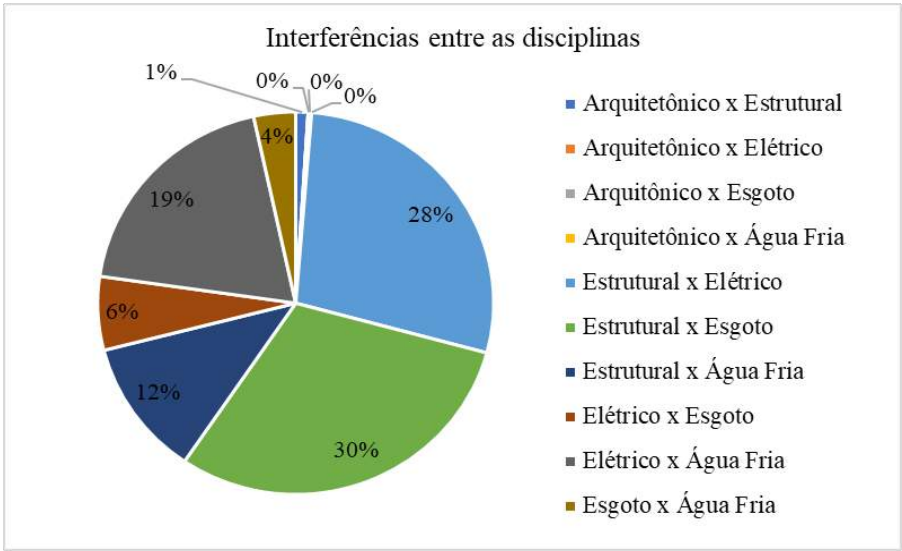



Gráfico 3. Interferências entre as disciplinas

Alguns problemas foram identificados através da análise visual do modelo, pois não foi possível sua identificação através dos testes. Geralmente são problemas que envolvem erros de representações. A capacidade de visualização em 3D e a possibilidade de consultar as informações anexadas sobre os objetos facilitaram a detecção desses problemas.

Os problemas identificados foram devidamente cadastrados através de relatórios com imagens e dados diversos sobre os objetos em conflito, como sua localização espacial no modelo, layer a que pertence, a classificação da interferência e a que tolerância o teste foi submetido.

Mediante este estudo e a execução do empreendimento terem ocorrido concomitantemente, foi possível visitar a obra para verificar quais soluções foram adotadas para as incompatibilidades. Após o levantamento das soluções adotadas foi feito uma estimative de custos para realizer as correções na execução do projeto.

Na análise de custo compatibilizada, as soluções adotadas para cada interferência geraram um custo de R$ 79.460,30 e a elaboração dos projetos no *software AutoCAD* gerou um aumento de R$280,66 em relação aos projetos elaborados na plataforma BIM. A perfuração de vigas e lajes, para a passagem de tubulações, causou um custo adicional alto de R$ 21.564,72 para a correção das interferências. O mesmo ocorreu na ausência de previsão de passagem das prumadas de tubulações verticais nas lajes, gerando custo de R$ 24.343,02 devido a necessidade de perfuração da laje durante a execução.

A criação de shafts foi uma das soluções mais adotadas em obra para a correção dos conflitos detectados durante a execução. O custo para a criação de shafts foi de R$ 17.335,12.

Com base nas informações repassadas pela empresa que disponibilizou o projeto para o estudo de caso, o custo total da edificação foi a cerca de R$4.914.432,00. Logo, foi considerado que os custos com o uso da plataforma CAD, foram de R$4.994.172,96 no total, um aumento de 1,69% no custo total da obra, o qual poderia ser previsto com o uso da tecnologia BIM. O aumento de 1,69% consideravelmente baixo, porém, não foram avaliados o tempo devido aos transtornos para a execução das soluções das interferências encontradas e nem o impacto que estas interferências causariam no cronograma da obra.

Vale ressaltar que não foram considerados os materiais que já estavam previstos no orçamento da obra, como tubulações e conexões que apenas mudaram de altura o seu trajeto ou foram reposicionadas. Contabilizou-se apenas os serviços e materiais necessários para as alterações, a fim de contabilizar apenas o custo gerado pelas interferências detectadas. Porém, apesar da empresa utilizar de serviços próprios de execução, para que se obtivesse um custo mais exato que as interferências geraram, os custos de serviços precisavam ser compatibilizados, uma vez que a maioria do custo gerado para solucionar os problemas de incompatibilidades, não se tratava de material de construção, mas de mão de obra e retrabalhos.

Além de avaliar o custo gerado pela falta de compatibilização dos projetos, para avaliação da plataforma BIM em relação à plataforma CAD, levou-se em consideração o custo do tempo utilizado para a elaboração dos projetos no *software AutoCAD*. A Tabela 5 apresenta a composição do custo em relação as 14,46 horas que o *software* CAD utilizou a mais que o *software* BIM na elaboração do projeto.

## 4. CONCLUSÃO

Através do estudo de caso, constatou-se que o processo de desenvolvimento de projetos na construção civil, apresenta uma série de deficiências, como a falta de informações em detalhes construtivos e as incompatibilidades entre as disciplinas, que repercutiram negativamente no desempenho, na qualidade da execução e no custo final.

A cultura de se trabalhar com o *AutoCAD* limita os escritórios AEC a utilizarem novos *softwares*, como o *Revit* que trabalha com modelagem tridimensional, possibilitando melhor visualização e verificação de inconformidades, do que o sistema de projeção bidimensional.

Além disso, verificou-se que projetos desenvolvidos de forma isolada sem a interação dos profissionais envolvidos e a elaboração e desenvolvimento dos projetos em *software* 2D, possuem maiores chances, das incompatibilidades passarem despercebidas, gerando prejuízos na construção civil. O BIM possui um nível maior de detalhes e estes são gerados com maior facilidade do que na plataforma CAD. Além do mais, ele funciona como um protótipo da construção que permite detectar as interferências e solucioná-las antes mesmo do projeto ser executado, evitando assim transtornos, sobre custos, atrasos na fase de execução e garantindo maior qualidade e eficácia do processo.

A importância da compatibilização de projetos ficou refletida na estimativa de custos adicionais gerados pelas interferências, causando um aumento de 1,69% no custo final da obra. Estes custos poderiam ser evitados com uma análise de interferências antes da execução, bem como a elaboração dos projetos em *softwares* que possibilitam melhor visualização do projeto como um todo o mais próximo possível da realidade. Além disso, foi possível identificar também, que a prática de tomar decisões durante a execução acaba causando problemas estéticos, retrabalhos e atrasos no cronograma da obra devido a necessidade de serviços serem executados a fim de resolver problemas de conflitos entre elementos construtivos.

Por fim, conclui-se que a prática de compatibilização entre os projetos, assim como a interação entre os projetistas vem sendo fundamental para se obter um projeto de qualidade, a fim de minimizar os conflitos existentes entre os diversos subsistemas do empreendimento, resultando em uma execução simplificada e otimizada. E tendo em vista que o setor vive uma fase de busca por novas formas de reduzir custos e otimizar processos, a plataforma BIM abre caminhos para um processo mais eficaz, a fim de melhorar a insatisfação do cenário da construção civil.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5670: Seleção e contratação de serviços de obra de engenharia e arquitetura de natureza privada – Procedimentos. Rio de Janeiro 1977.

AUTODESK. Desenhe cada detalhe com o *Software AutoCAD*. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview>. Acesso em: 04 jun. 2017.

EASTMAN, C.; TEILCHOZ P.; SACKES R.; LISTON K. Manual de Bim- Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores. Ed. Bookman, 2014.

GNIPPER, S. F. Diretrizes para a formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários. 2010. Dissertação (Pós-Graduação), Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2010.

MENEZES, G. L. B. B. BIM: Um novo paradigma na academia e no mundo do trabalho. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO Anais...Palmas, 2011.

CATELANI, W. Barreiras culturais para a adoção do BIM no Brasil. São Paulo, out. 2017. Disponível em: < http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo282477-1.aspx>. Acesso em: 28 out. 2017.

NASCIMENTO. R. L. Compatibilização de projetos de edificações. 2015. 55 f. Dissertação (Graduação em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

OBVIOUS. *AutoCAD*: A evolução do desenho técnico. Disponível em: < http://obviousmag.org/metropolis/2015/03/autocad-a-evolucao-do-desenho-tecnico.html>. Acesso em: 08 de outubro de 2017.

PEDROSO, R. G.A.; PICCININI, A. C. Compatibilização de Projetos utilizando ferramentas BIM BUILDING INFORMATION MODELING) – ESTUDO DE CASO. 2016. 18 f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2016.

SANTOS, G. S. Como a compatibilização de projetos pode diminuir custos, gastos e retrabalhos na Construção Civil. Especialize On-line, v. 1, n. 9, dezembro 2014.

SCARDOELLI, L. S. Iniciativas de melhorias voltadas à qualidade e à produtividade desenvolvidas por empresas de construção de edifícios. 1995. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1995.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RELAÇÃO DA ARQUITETURA E ERGONOMIA NA AVALIAÇÃO E NO PROJETO DO ESPAÇO CONSTRUÍDO

**Dienifer Secchi**
**Sara Roesler**
**Darllan Fabiani da Silva Santos**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Campus II - Erechim / Brasil
dienifersecchi@gmail.com
sararoesler@uricer.edu.br
darllanfabiani@uricer.edu.br

***Resumo:*** *Em um ambiente o conforto é sempre almejado, o ser humano está em constante busca de bem-estar, as pessoas necessitam de locais agradáveis para realizarem suas atividades. Visando estes aspectos, o presente artigo tem a finalidade de apresentar a importância da relação entre arquitetura e ergonomia para proporcionar as condições adequadas, além de, demonstrar através de boas práticas, como deve ser um ambiente onde esta interação ocorre. Trata-se de uma revisão bibliográfica, baseada na pesquisa em livros, sites, blogs, teses, artigos e anais de congressos.*

***Palavras-chave:*** *arquitetura, ergonomia, seres humanos, ambiente.*

## 1. INTRODUÇÃO

Arquitetura é a construção e organização de espaços para determinada atividade a ser executada, contribuindo com boas experiências ao usuário, onde ele se sinta confortável e aconchegante (COSTA, 1940). Já a ergonomia, relaciona-se ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos de projetos, a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (IEA, 2000).

Ao se pesquisar a relação entre arquitetura e ergonomia, percebe-se a grande importância do trabalho exercido por ambas, resultando em beleza e funcionalidade quando trabalhadas simultaneamente. Nesta relação, também se percebe a questão física, que trata mais diretamente das medidas mínimas confortáveis de circulação, mobiliário, locomoção, acessos e necessidades do usuário.

O artigo também tem como objetivo demonstrar o quanto o ambiente influencia as pessoas e, esclarecer em que circunstâncias a ergonomia aliada a arquitetura podem ajudar no cenário do dia a dia.

Para um melhor entendimento do assunto abordado, primeiramente serão apresentados conceitos e ideias básicas de cada tópico de estudo e posteriormente exemplos de boas práticas que demonstram o valor da interação da arquitetura com a ergonomia.

## 2. ARQUITETURA

Zevi (2017) afirma que "[...] qualquer um pode desligar o rádio e abandonar os concertos, não gostar de cinema e de teatro e não ler um livro, mas ninguém pode fechar os olhos diante das construções que constituem o palco da vida citadina[...]". Trazendo para exemplos da vida real, uma música pode deixar de ser ouvida e esquecida a qualquer momento, sem causar nenhum impacto. Já uma edificação mal projetada, como uma fachada que reflete luz de maneira inapropriada contra a rua, causando ofuscamento dos motoristas, impacta com toda certeza, pois tem duração prolongada. Essa durabilidade da construção que dia após dia influencia na vida das pessoas que passam por ali, pode um dia ocasionar acidentes, ou até resultar no desvio da rota devido ao incômodo do ofuscamento, ambas situações gerariam problema no trânsito. Com essa problemática iniciamos um breve pensamento sobre a importância da arquitetura.

Existem muitas definições sobre arquitetura, mas a que se é considerada mais completa e que mais se usa é a dada por Lúcio Costa no seu livro Considerações sobre Arte Contemporânea, em 1940: "Pode-se então definir arquitetura como construção concebida com a intenção de ordenar e organizar plasticamente o espaço, em função de uma determinada época, de um determinado meio, de uma determinada técnica e de um determinado programa".

Para se caracterizar um espaço arquitetônico, não precisa necessariamente ter piso, teto e quatro paredes, pode ser um espaço limitado por duas paredes e alguns elementos de decoração ou de paisagismo, por exemplo. E não se restringe a construções, pode ser arquitetura um ambiente de lazer de uma praça no meio urbano, ou seja, a arquitetura abrange muito mais do que construção de residências unifamiliares (ZEVI, 2017).

A arquitetura é um conjunto de ideias sintetizadas após uma pesquisa com experimentação. Para projetar precisa-se realizar leituras de textos, plantas baixas, cortes e fachadas, visualizar e desenhar no papel, provar as diferentes maneiras de criar um projeto. Colocar duas paredes paralelas para formar uma construção foi um processo que ocorreu sem ser percebido, nem mesmo os antigos construtores gregos sabiam o porquê as suas edificações eram assim. Com o passar do tempo foram sendo desenvolvidas arquiteturas com diferentes características, formas e conceitos, como exemplo, o Pavilhão de Barcelona de Mies Van der Rohe, conforme Fig. 1, e o Galaxy SOHO de Zaha Hadid, conforme Fig. 2 (UNWIN, 2013).

Figura 1: Pavilhão de Barcelona, Mies Van der Rohe. Fonte: Site ArchDaily.

Figura 2: Galaxy SOHO, Zaha Hadid. Fonte: Site ArchDaily.

A arquitetura deve ser considerada tanto uma ciência como uma arte, pois possui técnicas específicas para construção e também busca sortidas formas criativas para projetar. Segundo Ching (2014) o processo de projetar em arquitetura está atrelado a expressão artística e a busca do conhecimento, e é importante destacar que ao se trabalhar somente um destes aspectos não se obtém o fruto almejado. O autor ainda reitera que arquitetura é indefinível devido a sua gama de atribuições, contudo a ela compete projetar ambientes para nosso trabalho, lazer e moradia, e ainda, proporcionar locais que estejam preparados para receber as pessoas e as funções que essas irão desempenhar.

## 3. ERGONOMIA

A IEA (Associação Internacional de Ergonomia - 2000) afirma que a ergonomia é uma "disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados de métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema". A ergonomia engloba todos os estudos relacionados a determinado ambiente, sejam eles físicos, sociais, organizacionais, psicológicos e sensoriais.

Segundo a ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia), a ergonomia se divide em três domínios:

- a ergonomia física – está ligada diretamente com a antropometria, estudando o corpo humano, a postura de trabalho e os mobiliários que servem aos usuários;
- a ergonomia cognitiva – relacionada com aspectos como memória, percepções, raciocínio e processos mentais, estuda a vinculação do ambiente construído com o usuário, as influências do recinto em relação as pessoas;
- ergonomia organizacional – ligada ao tipo de trabalho exercido em determinado local, se é necessário lugar para trabalho em grupo ou para tarefas individuais que exigem isolamento, leva em consideração a comunicação no local, como flui o trabalho e como ele se organiza.

Segundo o artigo de Vilma Villarouco (2011), é de grande importância aplicar os métodos ergonômicos nos ambientes, os tornando adequados para as atividades e serviços ali praticados, assim otimizando o rendimento e capacidade do indivíduo. A autora ressalta o quão as circunstâncias de um recinto de trabalho influenciam no desenvolvimento de tarefas dos funcionários, podendo melhorar ou piorar a eficiência. Evidencia ainda que uma má condição, em um local de presença diária, pode comprometer inclusive a saúde de uma pessoa, como por exemplo falta de ventilação natural.

Se você já teve que passar em algum espaço apertado, se contorcendo entre uma cadeira com uma pessoa sentada e uma parede, isso significa que provavelmente você já esteve em um ambiente onde faltou um estudo ergonômico. O fato de não ter sido levado em consideração o espaço necessário para que uma pessoa sente confortavelmente e outra possa passar atrás com tranquilidade, denuncia a falta de ergonomia.

No Brasil a ergonomia é uma ciência recente, fazem cerca de 50 anos que vêm sendo implantada no nosso sistema de projetos. No início muito se pesquisou e estudou, mas pouco se fez, felizmente o cenário começou a ser mudado e agora visualizamos práticas ergonômicas empregadas e executadas com eficiência. Ainda há muito que ser feito, visando o melhor para o ser humano, mas este é um caminho que aos poucos está sendo trilhado com sucesso (MONT'ALVÃO, 2011).

Vale destacar o ENEAC (Encontro Nacional sobre Ergonomia do Ambiente Construído), onde profissionais da área e pesquisadores expõem suas teses e artigos de pesquisa. Desta maneira há troca de conhecimentos, disseminação do assunto e crescimento da aplicação da ergonomia nos espaços.

## 4. A ERGONOMIA ALIADA A ARQUITETURA

Tanto a ergonomia como a arquitetura visam o melhor para as pessoas, pensam em ambientes onde haja conforto e funcionalidade, onde o espaço seja agradável e contribua. Essas duas disciplinas caminham cada vez mais unidas, tanto no ensino do curso de arquitetura, como nos projetos de profissionais já formados. Na posição de aluna do curso de arquitetura e urbanismo, presencio na biblioteca livros que assimilam arquitetura e ergonomia, material em boa quantidade, que ajuda na formação de um profissional com potencial para integrar ambas.

Destaca-se a necessidade de projetar sabendo para que finalidade será usado determinado espaço, para assim possibilitar desenvolvimento de um projeto ergonômico que atenda a demanda do serviço previsto, pois adequar um ambiente já construído a uma tarefa é uma missão complexa (VILLAROUCO, 2011).

Para melhor entendimento podemos usar o exemplo de uma repartição pública, estudado por Costa, Guimarrães, Campos, Galvão, Martins, Soares e Villarouco (2011), onde as tarefas demandam concentração e leitura, o espaço foi improvisado, sendo realizada a implantação de um serviço em um ambiente despreparado para recebê-lo. Após entrevistar os funcionários, fazer alguns testes de conforto ambiental e avaliar o layout, a conclusão foi de descontentamento. Havia barulho excessivo que atrapalhava a realização de tarefas, alguns entrevistados contaram que desenvolveram dores de cabeça e sentiram aumento do nível de estresse e a falta de ventilação natural causava abafamento excessivo.

Segundo Souza, Cardoso, Snowareski e Bins Ely (2018) a qualidade de vida em um âmbito é de veemente importância, bem como atender as necessidades das pessoas, para tal concordam que um estudo interdisciplinar que englobe a psicologia ambiental, a ergonomia e a arquitetura podem garantir estas instâncias. Os autores ainda ressaltam a relevância em entender como o usuário faz uso do espaço, quais as suas capacidades de adaptação perante o surgimento de situações e a qualidade espacial a que estão submetidas.

Um recinto comercial, por exemplo, não conta somente com aspectos de atendimento ao cliente e qualidade do produto oferecido, do mesmo modo o local em que oferece os serviços aos transeuntes interfere na promoção do estabelecimento. Bons espaços de circulação, mobiliário acessível e confortável são fatores que atraem clientes, ocasionado que os mesmos voltem ao local por sentirem-se acolhidos (SILVEIRA, BINS ELY, 2016).

## 5. BOAS PRÁTICAS

O exemplo da Fig. 3 é de um lavatório, referente a um modelo de banheiro domiciliar para idosos, recomendado por Stamato (2007), a qual indica: altura entre 0,85m e 1,00m; bancada pequena com no máximo 30cm de cada lado da cuba; 0,70m (do chão) de vão livre na parte inferior.

Figura 3: Banheiro adaptado para idoso. Fonte: Site Mãe Rainha.

O conforto ambiental é de grande relevância para os ambientes, segundo Silveira e Bins Ely (2016), a iluminação natural, o contato visual com a natureza e a amplitude, são elementos importantes para um recinto apropriado a uma padaria, como mencionam em sua pesquisa, representado na Fig. 4 a seguir.

Figura 4: Padaria Mosteiro, apresentando espaço amplo. Fonte: Blog Casa de Valentina.

A dificuldade de circulação em salas de aula em algumas universidades cria transtornos para os alunos, Barros (2016) apresenta este contexto, abordando possíveis contratempos. Nas gravuras seguintes é possível visualizar a dimensão indicada entre classes, Fig. 5, 6 e 7.

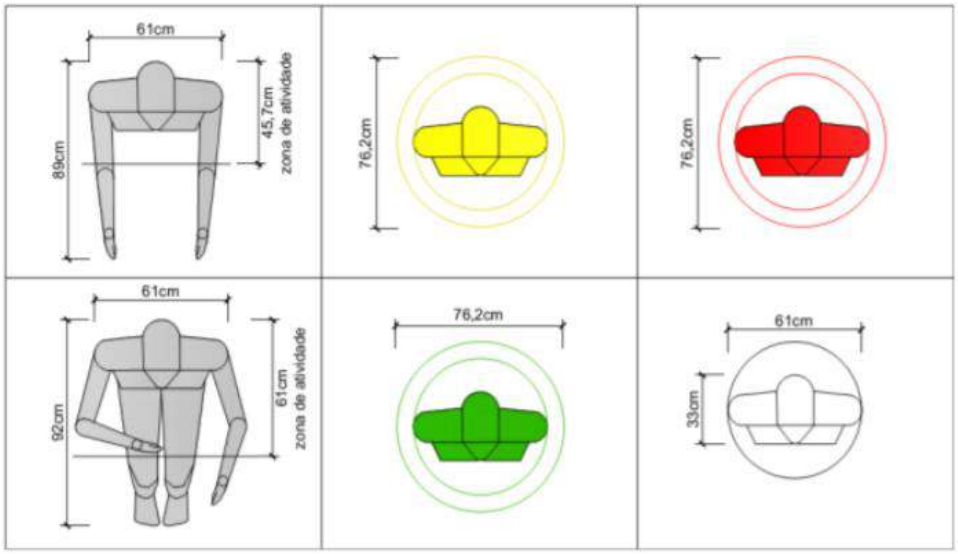
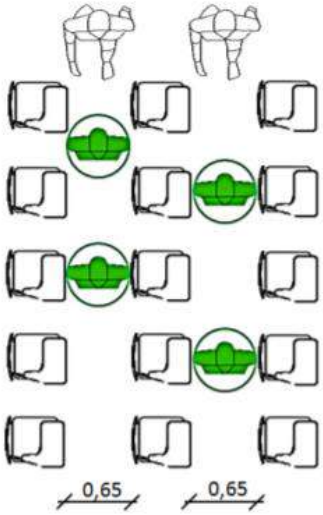



Figura 5: Boneco antropométrico, usado para dimensionar as circulações mínimas estre as classes da sala de aula. Fonte: Barros, 2016.



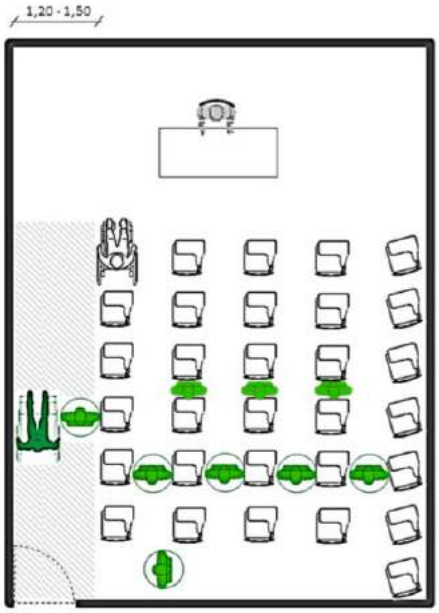




Figura 6: Circulação mínima entre as classes. Figura 7: Acesso para aluno cadeirante. Fonte: Barros, 2016.

## 6. CONCLUSÃO

Após avaliação das informações citadas conclui-se que a ergonomia aliada a arquitetura acarreta em múltiplos benefícios, dentre eles a otimização de tarefas realizadas pelos usuários de certo ambiente, o conforto ambiental, a salubridade, a facilitação de circulações, o melhor aproveitamento de espaço fazendo uso de layout adequado e o avanço positivo na qualidade de vida. Percebe-se uma melhora nas condições de uso do recinto pelas pessoas, sendo esse um dos principais objetivos do projeto arquitetônico e ergonômico. Fica provado o impacto que o lugar exerce sobre o indivíduo, notando-se a necessidade de preocupação com ele para o bem-estar do ser humano.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Stamato, C., 2007. **“Modelo de banheiro domiciliar para idosos: uma abordagem ergonômica”**. Nos Anais da Pontifícia Universidade Católica Do Rio De Janeiro - PUC-RIO 1992. Rio de Janeiro, Brasil.

VILLAROUCO, V. e MONT’ALVÃO, C., 2011. **“Um novo olhar para o projeto: a ergonomia no ambiente construído”.** 2AB Editora Ltda, Teresópolis, RJ, Brasil.

Ching, F.D.K. e Eckler, J.F., 2013. "**Introdução à Arquitetura"**. Bookman Editora Ltda, São Paulo, Brasil, 1a edição.

Unwin, S., 2013. **"A Análise da Arquitetura".** Bookman Editora Ltda, Porto Alegre, RS, Brasil, 3a edição.

Barros, B.X. da S.,2016. **"Avaliação da circulação em salas de aula universitárias: um estudo de caso utilizando o machia"**. Nos Anais do VI Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído & VII Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral – ENEAC 2016. São Paulo, Brasil.

Silveira, C.M.deF. e Bins Ely, V.H.M., 2016. "**Relação cliente e ambiente construído: estudo de caso em panificadora".** Nos Anais do VI Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído & VII Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral – ENEAC 2016. São Paulo, Brasil.

Zevi, B., 2017. **"Saber ver a Arquitetura"**. Editora WMF Martins Fontes Ltda, São Paulo, Brasil, 6a edição.

Souza, R.V., Snowareski, H.H., Cardoso, L.S., Bins Ely, V.H.M., 2018. "**Avaliação do trabalho dos funcionários em restaurante sob o viés da psicologia ambiental e da ergonomia"**. p. 726-737. São Paulo, Brasil.

IAB RS, 1948. **"Arquitetura e Urbanismo"**, Instituto de Arquitetos do Brasil, Departamento do Rio Grande do Sul. 06 Set. 2018 <http://www.iab-rs.org.br/empresa/arquitetura-e-urbanismo.aspx>.

ABERGO, 1983. **"O que é ergonomia"** Associação Brasileira de Ergonomia. 06 Set. 2018 <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>.

ARCHDAILY, 2008. **"A "segunda reconstrução" do Pavilhão Mies van der Rohe em Barcelona.** 10 Set. 2018 <https://www.archdaily.com.br/br/601503/a-segunda-reconstrucao-do-pavilhao-mies-van-der-rohe-em-barcelona>.

ARCHDAILY, 2008. **"Galaxy SOHO de Zaha Hadid Architects, pelas lentes de Andres Gallardo".** 10 Set. 2018 <https://www.archdaily.com.br/br/900199/galaxy-soho-de-zaha-hadid- architects-pelas-lentes-de-andres-gallardo>.

MÃE RAINHA URBANISMO, 2001. **"Como adaptar um banheiro para idosos?".** 13 Set. 2018 <https://maerainhaurbanismo.com.br/noticias/dicas/como-adaptar-um-banheiro-para-idosos>.

CASA DE VALENTINA, 2008. **"Padaria Mosteiro"**. 14 Set. 2018 <https://www.casadevalentina.com.br/projeto/padaria-mosteiro/>.

## 8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ACESSIBILIDADE NA UNIVERSIDADE: AVALIAÇÃO IN LOCO DA DIMENSÃO INFRAESTRUTURA

**Gabriela Ochial Stankiewicz**
URI | Campus de Erechim | RS 331, nº 345, Campus II | Bairro Demoliner | Erechim/RS | CEP 99700-000
gabistank@hotmail.com

**Sara Roesler**
URI | Campus de Erechim | RS 331, nº 345, Campus II | Bairro Demoliner | Erechim/RS | CEP 99700-000
sararoesler@uricer.com.br

**Darllan Fabiani**
URI | Campus de Erechim | RS 331, nº 345, Campus II | Bairro Demoliner | Erechim/RS | CEP 99700-000
darllanfabiani@uricer.com.br

*Resumo: Este artigo busca investigar os processos de inclusão na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim, tendo como foco a identificação dos usuários, suas diferenças, e a necessidade de adaptação da dimensão infraestrutura. Apresentam-se conceituações sobre acessibilidade como um direito humano e discussões sobre o tema da acessibilidade no meio acadêmico. Procura-se investigar os processos de inclusão presentes na universidade, identificando barreiras arquitetônicas, concebendo-as no foco do problema da exclusão e preconceito social. Entende-se que para esta investigação sobre a acessibilidade na universidade é necessário abordar alguns tópicos, tais como: direitos humanos, preconceito e exclusão social, manutenção do patrimônio e barreiras arquitetônicas. Com base nas discussões propostas criou-se uma ferramenta de avaliação para a infraestrutura dos dois campi da URI – Erechim, consistindo na avaliação in loco de barreiras arquitetônicas.*

***Palavras-chave:*** *acessibilidade, universidade, barreiras arquitetônicas, pessoas com deficiência*

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto de acessibilidade na universidade busca repensar os processos inclusivos e promover condições de participação e aprendizagem a todos os estudantes, professores, funcionários e à população que frequenta a instituição URI – Campus Erechim e se beneficia de alguma forma de seus serviços.

Ao abordar esse assunto, logo se pensam nos espaços físicos que recebem as pessoas com deficiência. A partir disso, o projeto parte desta dimensão denominada infraestrutura, com o objetivo de avaliar in loco estes espaços nos dois campus da URI | Universidade Regional Integrada, na cidade de Erechim e propor melhorias que proporcionem condições de acesso e de permanência dos sujeitos nos lugares em que desejam estar.

Apesar do foco do trabalho ser em uma dimensão específica, entende-se que no processo inclusivo deve-se trabalhar com mais duas dimensões: (1) organização didático-pedagógica e (2) corpo docente; despertando uma consciência social de respeito às diferenças de cada ser humano.

O enfoque na dimensão infraestrutura, que se refere à acessibilidade física ou arquitetônica, busca o cumprimento da legislação vigente atendendo os princípios do desenho universal no intuito de não enfatizar o sujeito na perspectiva da deficiência e sim da diversidade, concebendo-o no princípio da normalidade, adaptando os espaços às diferenças.

O projeto enfoca um tema de grande relevância e buscou iniciar com o aprofundamento da revisão bibliográfica para então desenvolver a pesquisa de campo e a criação de um checklist para podermos detectar os maiores problemas e obstáculos que a universidade ainda possui.

## 2. BREVE DISCUSSÃO SOBRE ACESSIBILIDADE

O conceito de acessibilidade é descrito na Norma Brasileira 9050 - que determina a acessibilidade em edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – como a utilização de maneira autônoma, independente e segura do ambiente, estabelecendo critérios e parâmetros técnicos a serem observados quanto ao projeto, construção, instalação e

adaptação do meio urbano e rural, e de edificações às condições de acessibilidade independentemente de idade, estatura ou limitação de mobilidade ou percepção das pessoas. Trazendo o conceito para a área de Arquitetura e Urbanismo, a preocupação recai primordialmente sobre a vivência daqueles que irão ocupar este espaço projetado. É nesta questão que o conforto e a acessibilidade do ambiente exercem o seu papel principal: o respeito pelo usuário que usufrui o espaço onde realiza suas atividades cotidianas.

Mesmo que haja várias leis sendo desenvolvidas ao longo dos últimos anos para defender os direitos de pessoas com deficiência, como a lei 10.098/00 que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, muitas dificuldades são encontradas para a implementação de tais projetos. Dentre estas, as barreiras arquitetônicas são as que mais impedem que estas pessoas tenham autonomia de ir e vir livremente sem ajuda de terceiros, sendo independentes e seguras utilizando as adaptações desenhadas especialmente para elas. As pessoas com deficiência são classificadas como pessoas com restrição de mobilidade, portadores de deficiência – dentre elas visual e auditiva-, idosos, gestantes ou com criança de colo, pessoas com mobilidade reduzida temporária e pessoas obesas (Nonato, 2011).

Entretanto, sabemos que a acessibilidade é um tema que vem sendo abordado com maior ênfase mais recentemente. Historicamente as pessoas com algum tipo de deficiência – seja ela física ou mental – eram ignoradas pela sociedade, que as viam como defeituosas e merecedoras de algum "castigo divino", somando-se isso à estereotipação e posturas ignorantes temos a barreira atitudinal, muito mais difícil de se resolver do que as barreiras físicas, uma vez que o preconceito social rotula pessoas com deficiência como incapazes ao invés de considerá-los como com limitações.

Por conta disso, um estudo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2013 realizou uma pesquisa revelando que os percentuais mais elevados de deficiência intelectual, física e auditiva foram encontrados em pessoas sem instrução e em pessoas com o Ensino fundamental incompleto. Apenas nas duas últimas décadas o assunto vem sendo trabalhado mais integralmente ao que se refere às barreiras arquitetônica, lembrando que a acessibilidade arquitetônica é um direito básico das pessoas com deficiência. As dificuldades e desconsiderações pelas quais as pessoas com deficiência passam, são segundo Norberto Bobbio (1992, p. 25), "o problema grave de nosso tempo, com relação aos direitos do homem, não é mais o de fundamentá-los, e sim o de protegê-los".

Desde 1988, a Constituição Federal determina leis, decretos, leis orgânicas, planos diretores, declarações, pactos, programas e convenções que garantem os direitos e condições de acessibilidade ás pessoas com deficiência objetivando uma maior autonomia, mobilidade e segurança contribuindo para a transformação da realidade social na qual vivemos.

## 3. AVALIAÇÃO IN LOCO

Tendo em vista que a Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões (URI) – Campus de Erechim, recebe pessoas com deficiência, entre professores, funcionários, alunos e visitantes, tornou-se necessário investigar os processos inclusivos, tendo como foco a identificação dos usuários, suas diferenças, e a necessidade de adaptação da dimensão infraestrutura, atendendo a um direito constitucional que prevê mudanças no que se refere à equipamentos e elementos, para permitir o trânsito e a permanência dessas pessoas.

Tratando-se da deficiência física, mais relacionada à acessibilidade arquitetônica, devemos ter em mente o disposto na Portaria nº 3284/2003 sobre os requisitos de acessibilidade de pessoas com deficiência para a autorização e reconhecimento de novos cursos e credenciamento de instituições.

Os requisitos de acessibilidade de que trata essa Portaria, para estudantes com deficiência física são:

a) Eliminação de barreiras arquitetônicas para circulação, permitindo acesso aos espaços de uso coletivo;
b) Reserva de vagas em estacionamentos nas proximidades das unidades de serviço;
c) Construção de rampas com corrimões ou colocação de elevadores, facilitando a circulação de cadeiras de rodas;
d) Adaptação de portas e banheiros com espaço suficiente para permitir o acesso de cadeira de rodas;
e) Colocação de barras de apoio nas paredes dos banheiros;
f) Instalação de lavabos, bebedouros e telefones públicos em altura acessível aos usuários de cadeira de rodas.

### 3.1 Metodologia

A avaliação in loco foi desenvolvida entre os dias 15 de Janeiro e 23 de Fevereiro de 2018, aferindo ambientes internos e externos de ambos os campus. A avaliação levou em conta critérios estabelecidos pela NBR 9050/14 para a catalogação das barreiras arquitetônicas. O trabalho de catalogação foi dividido em 3 partes, sendo elas: (01) Acessos e Circulações, (02) Sinalização e (03) Banheiros

| | CAMPUS I | CAMPUS II |
|---|---|---|
| 01. Acessos e Circulações | 15/01/18 – 26/01/18 | 05/02/18 – 19/02/18 |
| 02. Sinalização | 29/01/18 – 30/01/18 | 20/02/18 – 21/02/18 |
| 03. Banheiros | 31/01/18 – 02/02/18 | 22/02/18 – 23/02/18 |

A avaliação constituiu-se em análise s e catalogação fotográfica, juntamente ao preenchimento de um checklist. Foram relacionados os equívocos à referente localização, tendo preferência por se utilizar a numeração das portas para melhor entendimento. Esta, quando não for possível, é feita uma breve descrição do espaço para a assimilação.

### 3.2 Locais Estudados

A avaliação de infraestrutura no Campus I realizou-se do dia 15 de janeiro de 2018 ao dia 02 de fevereiro de 2018. Foram analisados os seguintes espaços:

a) Acessos e áreas livres:
b) Pórtico principal de acesso ao campus
c) Estacionamento para alunos e visitantes
d) Acesso para professores e funcionários
e) Estacionamento para professores e funcionários
f) Quadras esportivas externas e parques de recreação
g) Portão de Saída
h) Prédios 1 ao 14

A avaliação de infraestrutura no Campus II realizou-se do dia 05 de fevereiro de 2018 ao dia 23 de fevereiro de 2018. Foram analisados os seguintes espaços:

a) Acessos e áreas livres
a) Pórtico de acesso ao Câmpus II pela RS 331
c) Prédios 1 ao 8

#### 3.2.1 Acessos e circulações

A NBR 9050 descreve a rota acessível como sendo "um trajeto contínuo, desobstruído e sinalizado, que conecta os ambientes externos e internos de espaços e edificações, e que pode ser utilizada de forma autônoma e segura por todas as pessoas. A rota acessível externa incorpora estacionamentos, calçadas, faixas de travessias de pedestres (elevadas ou não), rampas, escadas, passarelas e outros elementos da circulação. A rota acessível interna incorpora corredores, pisos, rampas, escadas, elevadores e outros elementos da circulação."

Além disso, corredores internos para grande fluxo de pessoas, que é o caso estudado, devem ter no mínimo 1,5m de largura, para comportar a manobra completa de uma cadeira de rodas (180º). As portas devem ter no mínimo 0,8m de largura (cada folha) e 2,1m de altura. As portas devem ter condições de serem abertas com um único movimento, e suas maçanetas devem ser do tipo alavanca, instaladas a uma altura entre 0,80 m e 1,10 m.

| CAMPUS I | | |
|---|---|---|
| Equívoco | Localização | Observação |
| Dimensões de porta erradas | 1.02; 1.30; 1.31; 1.32; 1.33; 1.34; 1.35; 1.36; 2.06-1; todas portas de banheiros. | Avaliadas portas que não atendiam ao mínimo descrito em norma 0,80 (l) x 2,10 (a) |
| Tipo de porta errado | 1.04; 1.4; 3.02; 3.11; 3.14; 3.15; 1.12; 9.12; | Avaliadas portas que não atendiam à exigência descrita em norma: porta de giro. |
| Altura da maçaneta errada | 1.04; 1.12; 1.13; 3.02; 3.15; todas maçanetas dos banheiros. | Avaliadas portas que a instalação da maçaneta não atendia à exigência da norma |
| Tipo errado de maçaneta | 1.30; 1.31; 1.32; 1.33; 1.34; 1.35; 1.36 | Avaliadas portas que não atendiam à exigência descrita em norma, maçaneta tipo alavanca |
| Barreira Arquitetônica | 1.04; 1.05; 1.06; 1.07; 1.15; 1.16; 1.17; 1.18; | Avaliadas portas que possuíam barreira arquitetônica em seu acesso como rampas e degraus |
| Corredores inadequados | Corredor de acesso à secretaria geral; passarela entre os prédios 1 e 3; corredor de acesso a sala 4.409; corredor de acesso ao prédio 11 | Avaliados corredores que não atendem ao mínimo solicitado em norma para grandes fluxos (1,5m) |
| CAMPUS II | | |
| Equívoco | Localização | Observação |
| Dimensões de porta erradas | Porta principal Prédio 1 e 2; Porta principal Lab.Eletro; Porta cantina; 3.108. | Avaliadas portas que não atendiam ao mínimo descrito em norma 0,80 (l) x 2,10 (a) ou 1,60 (l) x 2,10 (a) |

| | | |
|---|---|---|
| Tipo de porta errado | Porta secundária Prédio 3; Portas laterais da cantina; Porta de acesso a Cantina; 2.107 | Avaliadas portas que não atendiam à exigência descrita em norma: porta de giro. |
| Tipo errado de maçaneta | Porta secundária Prédio 3; Porta da Cantina; 2.107 | Avaliadas portas que não atendiam à exigência descrita em norma, maçaneta tipo alavanca. |
| Barreira Arquitetônica | Porta principal Prédio 1, 2 e 8; 1.101 | Avaliadas portas que possuíam barreira arquitetônica em seu acesso como rampas, degraus e mobiliário. |
| Corredores inadequados | Corredor de acesso ao Prédio 3 | Avaliados corredores que não atendem ao mínimo solicitado em norma para grandes fluxos (1,5m) |

### 3.2.2 Escadas, corrimãos e guarda-corpos

A partir da NBR 9050, inferimos que escadas quando em rotas acessíveis, não podem ser utilizados com espelhos vazados; quando houver bocel ou com espelho inclinado, a projeção da aresta pode avançar no máximo 1,5 cm sobre o piso abaixo. Além disso, as dimensões dos pisos e espelhos devem ser constantes em toda a escada ou degraus isolados, devendo o piso ter entre 0,28m e 0,32m, e o espelho ter entre 0,16m e 0,18m. A largura mínima para escadas em rotas acessíveis é de 1,20 m, e deve dispor de guia de balizamento, quando houver mudança de direção deve ter um patamar com dimensões iguais à largura da escada. Quanto aos corrimãos, devem ser instalados em rampas e escadas, em ambos os lados, a 0,92 m e a 0,70 m do piso, com prolongamento de 30cm após o último degrau. Se a escada ou rampa tiver uma largura superior a 2,40m deve-se instalar um corrimão intermediário. A empunhadura mínima exigida é de 0,04m.

| CAMPUS I | | |
|---|---|---|
| INTERNO | | |
| Equívoco | Localização | Observação |
| Piso e/ou espelho com dimensões erradas | Térreo do P.22, ao lado da capela; térreo do P.7, saída de emergência; | Avaliados pisos e espelhos de escadas internas que não correspondiam as dimensões indicadas em norma |
| Bocel com dimensões erradas | Térreo P.1; Subsolo, térreo e segundo pavimento do P.4; Subsolo, térreo e segundo pavimento do P.9; subsolo do P.11 | Avaliados bocéis de escadas internas que não correspondiam as dimensões indicadas em norma |
| Corrimão e/ou empunhadura inadequados | Não existem corrimãos internos adequados. | Avaliados corrimãos de escadas e rampas internas que não correspondiam às dimensões indicadas em norma |
| Guia de balizamento inexistente | A guia de balizamento é inexistente em todas escadas e rampas internas | Avaliadas escadas e rampas internas que não correspondiam às dimensões em norma. |
| EXTERNO | | |
| Equívoco | Localização | Observação |
| Piso e/ou espelho com dimensões erradas | Escada de acesso principal (pórtico); escada dos fundos do auditório; escada lateral do P.6 | Avaliados pisos e espelhos de escadas externos que não correspondiam as dimensões indicadas em norma |
| Corrimão e/ou empunhadura inadequados | Não existem corrimãos externos adequados. | Avaliados corrimãos de escadas e rampas externas que não correspondiam às dimensões indicadas em norma |
| CAMPUS II | | |
| INTERNO | | |
| Equívoco | Localização | Observação |
| Piso e/ou espelho com dimensões erradas | Escada para o atelier de arquitetura do prédio 3 | Avaliados pisos e espelhos de escadas internas que não correspondiam as dimensões indicadas em norma |

| | | |
|---|---|---|
| Bocel com dimensões erradas | Terceiro pavimento do prédio 8, segundo lance de escadas dos fundos | Avaliados bocéis de escadas internas que não correspondiam as dimensões indicadas em norma |
| Corrimão e/ou empunhadura inadequados | Não existem corrimãos internos adequados. | Avaliados corrimãos de escadas e rampas internas que não correspondiam às dimensões indicadas em norma |
| Guia de balizamento inexistente | A guia de balizamento é inexistente em todas escadas e rampas internas | Avaliadas escadas e rampas internas que não correspondiam às dimensões em norma. |
| EXTERNO | | |
| Equívocos | Localização | Observação |
| Piso e/ou espelho com dimensões erradas | Escada entre prédios 8 e 1; escada de acesso ao prédio 1; escada entre os prédios 1 e 2; escada de acesso ao prédio 2; | Avaliados pisos e espelhos de escadas internas que não correspondiam as dimensões indicadas em norma |
| Corrimão e/ou empunhadura inadequados | Não existem corrimãos externos adequados | Avaliados corrimãos de escadas e rampas externas que não correspondiam às dimensões indicadas em norma |
| Guia de balizamento inexistente | A guia de balizamento é inexistente em todas escadas externas | Avaliadas escadas externas que não correspondiam às dimensões em norma. |

### 3.2.3 Sinalização

Assim como visto anteriormente, a NBR 9050, sugere que a sinalização deve ser autoexplicativa, perceptível e legível para todos, inclusive às pessoas com deficiência, recomenda-se também que as informações com textos sejam complementadas com símbolos. Para esta análise foram consideradas as seguintes sinalizações:

a) Sinalização de Classificação: localização, advertência e instrução.
b) Sinalização de Categorias: informativa, direcional e emergencial.
c) Sinalização de Instalação: permanente e temporária.
d) Sinalização de Tipos: visual, sonora e tátil.

A partir da avaliação interna em ambos os campus, foi constatado que apesar de a sinalização existir na maior parte dos casos, ela foi instalada incorretamente ou em local de má visualização. O mobiliário interno não é sinalizado, e também não é acessível no conceito universal. Quanto à sinalização de emergência, nenhum extintor, hidrante ou mangueira possui a marcação no chão. As situações mais preocupantes são da obstrução do piso tátil, em que tapetes e mobiliário são instalados em cima da sinalização, caracterizando uma barreira arquitetônica. A descontinuação do piso tátil em áreas de rota acessível é de preocupação já que representa perigo para quem depende dela para se deslocar.

#### 3.2.3.1 Sinalização de vagas reservada para veículos

As vagas reservadas para veículo no estacionamento devem ser sinalizadas e demarcadas com o símbolo internacional de acesso ou a descrição de idoso, aplicado na vertical e horizontal. No Campus I, todas as placas de sinalização de vagas epeciais estão instaladas com a borda inferior da mesma localizada a uma altura inferior à exigida em norma, caracterizando erro de instalação. A borda inferior da placa deve estar a uma altura mínima de 2,10m. Além disso, a marcação da vaga no chão, está apagada em todas as vagas internas, exceto a vaga especial externa que se encontra na Avenida Sete de Setembro. Observa-se que neste Campus não existem vagas reservadas para idosos, apenas para deficientes físicos. Por outro lado, no Campus II, existem tanto vagas especiais reservadas para deficientes físicos como para idosos. Entretanto apresentam o mesmo erro de instalação das placas do Campus I, todas elas foram instaladas com a altura da borda inferior da placa a uma altura inferior a 2,10m.

### 3.2.4 Banheiros

Para ser considerado banheiro acessível, o conjunto sanitário deve obedecer à algumas dimensões mínimas e dispor de mobiliário específico, garantindo conforto e alcance manual adequados.

As barras de apoio devem estar posicionadas adequadamente, previstas em áreas de transferência ao lado da bacia sanitária na diagonal, lateral ou perpendicular. Para não atrapalhar no alcance manual das barras de apoio, as papeleiras não devem ser instaladas a uma altura inferior a 1m, e as válvulas de descarga a uma altura superior a 1m.

| CAMPUS I | | |
|---|---|---|
| Equívoco | Localização | Observação |
| Área de transferência incorreta | 3.06-1; 4.306; 4.307; 4.407; 8.16; 8.17; 8.26; 8.27; 9.20; 9.212; 10.08; 10.09; 12.11. | Avaliadas áreas de transferência de área menor que o mínimo de 1,20mx0,80m |
| Papeleira de altura incorreta | 4.306; 4.307; 4.407; 8.16; 8.17; 8.26; 8.27; 9.20; 9.212; 10.08; | Avaliadas papeleiras instaladas a altura inferior de 1m |
| Barras horizontais de instalação incorreta | 3.06-1; 14.101. | Avaliadas barras que não atendiam aos critérios de instalação da norma |
| Barras verticais de instalação incorreta. | 3.06-1; 4.306; 4.307; 4.407; 8.16; 8.17; 8.26; 8.27; 9.20; 9.212; 12.11; 14.101; 14.105. | Avaliadas barras que não atendiam aos critérios de instalação da norma |
| CAMPUS II | | |
| Equívoco | Localização | Observação |
| Área de transferência incorreta | Todos banheiros do prédio 8. | Avaliadas áreas de transferência de área menor que o mínimo de 1,20mx0,80m |
| Papeleira de altura incorreta | Banheiros do prédio 3, 5 e 7; | Avaliadas papeleiras instaladas a altura inferior de 1m |
| Barras verticais de instalação incorreta. | Banheiros dos prédios 1, 2 e 8. | Avaliadas barras que não atendiam aos critérios de instalação da norma |

## 4. CONCLUSÃO

Ao observarmos as condições de acessibilidade arquitetônica em ambos os campi da URI Erechim, verificamos o quanto é necessária a democratização do acesso e trânsito de pessoas com deficiência. Esta análise proporcionou um maior entendimento dos direitos e dificuldades do exercício da cidadania plena por estas pessoas, foi possível compreender as condições de acessibilidade como uma questão social de extrema importância que compete a todos, e principalmente a quem tem o poder de mudar essa realidade.

Com base nas discussões propostas, verifica-se que o verdadeiro sentido da acessibilidade não é apenas incluir o usuário considerando os aspectos físicos, mas também efetivar adaptação dos espaços às diferenças. Nesta perspectiva, implementar os princípios da acessibilidade corretamente garante que o espaço da Universidade forneça segurança, cidadania e flexibilidade, possibilitando que a Instituição e seus arredores urbanos possam ser usufruídos democraticamente. E que estas melhorias contemplem todos os indivíduos, tenham eles deficiências físicas ou não.

É importante destacar que se nota preocupação por parte da universidade em se adaptar ao que é exigido por leis, decretos e normas, em relação a acessibilidade, entretanto é necessário frisar que apenas a existência do mobiliário, sinalização, ou rota acessível não é suficiente para caracterizar a acessibilidade em si. É necessário que a instalação seja correta e tenhamos zelo e respeito por este patrimônio que não é usado por todos, mas é essencial a quem o usa.

As condições de acessibilidade arquitetônica para as pessoas com deficiência concebem um caminho possível e correto para que a inclusão social ocorra, pois, a falta da mesma, frustra e impede que estes indivíduos tenham acesso aos vários elementos que a universidade oferece. A sociedade inclusiva é um sinônimo de universidade inclusiva, e portanto, idealiza-se como um ideal a ser perseguido.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil (recurso eletrônico), Brasília, DF. Supremo Tribunal Federal, Secretaria de Documentação, 2017

BRASIL. Lei 10.098, de 14 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.

BOBBIO, Noberto. A era dos direitos. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

NONATO, Domingos do Nascimento. Acessibilidade Arquitetônica como Direito Humano das Pessoas com Deficiência. Orbis: Revista Científica, Campina Grande, PB. Vol. 2, n. 2, pág. 138-164. 17 de agosto de 2011.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações contidas neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RELAÇÕES ENTRE A AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO ESPAÇO PELOS USUÁRIOS E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

**Sara Roesler**
**Darllan Fabiani da Silva Santos**
**Dienifer Secchi**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Campus II - Erechim / Brasil
sararoesler@uricer.edu.br
darllanfabiani@uricer.edu.br
dienifersecchi@gmail.com

***Resumo*** *Este artigo expõe conceitos que amparam o exame das relações entre a avaliação de desempenho do espaço pelos usuários e o ambiente construído, através das investigações existentes entre características físico-espaciais do ambiente e o comportamento dos indivíduos. Parte-se do pressuposto de que o indivíduo cria uma imagem do ambiente com base na visão da forma e sua interpretação. Inicialmente, é abordado o processo de apreensão e de avaliação da qualidade pelos indivíduos, através das medidas de desempenho: (1) satisfação e (2) comportamento. E na sequência, é apresentado o papel da forma como veículo de comunicação – através das dimensões espaciais na morfologia urbana e das dimensões que afetam o desempenho dos espaços, dando ênfase à estética, uso e estrutura. Trata-se de uma revisão bibliográfica, com base em anais de congressos, trabalhos do banco de dados digital de teses e dissertações, além de livros, que contribuem para a relevância deste material.*

***Palavras-chave:*** *avaliação de desempenho, avaliação da qualidade, satisfação, comportamento, estética, uso, estrutura.*

## 1. INTRODUÇÃO

Entender como o espaço é assimilado pelos seus usuários é fundamental para o reconhecimento da influência dos elementos morfológicos do ambiente na vida dos indivíduos, nas suas atitudes e comportamentos.

O processo de apreensão e de avaliação da qualidade do ambiente envolve duas etapas que, neste estudo, serão consideradas complementares: a percepção e a cognição. A distinção entre esses dois conceitos é de que a percepção ambiental é um processo de apreensão, através dos sentidos básicos (visão, olfato, audição, tato e paladar), dos atributos ambientais que estão presentes no ambiente físico, enquanto a cognição ambiental se refere a processos de armazenagem, organização e uso dessas informações ambientais percebidas (LAY, 1992). Ainda, a percepção remete a sensibilização visual provocada no observador pelos atributos morfológicos dos objetos, enquanto que a cognição implica na associação desses atributos a significados gerados, por exemplo, a partir da cultura, dos valores e da experiência prévia do indivíduo (FISCHER, 1997; GOLLEDGE e STIMSOM, 1997; KAPLAN apud NASAR, 1998; LANG, 1987).

A natureza desse processo de percepção/cognição é dinâmica, resultando de um processo bilateral entre o observador e o ambiente, e nele estão envolvidos, além dos atributos físicos do ambiente, a experiência prévia do observador e suas concepções e expectativas, construídas e modificadas no tempo (LYNCH, 1997). Entende-se, portanto, que ambos os processos – cognição e percepção – são necessários para que os indivíduos elaborem uma imagem ambiental.

Corroborando as afirmações anteriores, Lynch (1997) aponta que a criação da imagem ambiental é baseada no que é visto da forma exterior e do modo como é interpretado. O autor identificou cinco elementos básicos que remetem às formas físicas e que estruturam a imagem mental das cidades: (1) vias, que são os canais de circulação ao longo dos quais o observador se locomove – ruas, alamedas, linhas de trânsito, canais, ferrovias; (2) limites, que são os elementos lineares não usados ou entendidos como vias pelo observador – praias, margens de rios, lagos, muros, paredes; (3) bairros, que são partes da cidade com um caráter homogêneo; (4) pontos nodais, que são lugares estratégicos de uma cidade através dos quais o observador pode entrar ou a partir dos quais ele se locomove – junções, locais de interrupção do transporte, cruzamentos; e (5) marcos, que são objetos físicos definidos de maneira muito simples, tais como um edifício, um sinal, uma loja ou uma montanha. Esses elementos são regularmente sobrepostos e interligados e não existem isoladamente em uma cidade (LYNCH, 1997).

Aos cinco elementos estruturadores da imagem citados por Lynch, Passini (1992, apud Basso, 2001) somam três fatores informacionais muito importantes: (1) a organização espacial que são os princípios pelos quais os espaços estão organizados; (2) o fechamento espacial entendido como as formas exteriores fechando os espaços; e (3) a correspondência espacial, ou seja, a continuidade entre interior e exterior dos espaços construídos.

O modelo apresentado na sequência (Fig. 01) demonstra que o indivíduo apreende a imagem do ambiente construído e sobre ela realiza suas avaliações. Verifica-se que a resposta avaliativa tem relação com os atributos físicos do ambiente – tais como os cinco elementos identificados por Lynch – e que a avaliação ambiental é permeada pelos processos de percepção, cognição, formação de atitudes e afeto, manifestos através do comportamento.

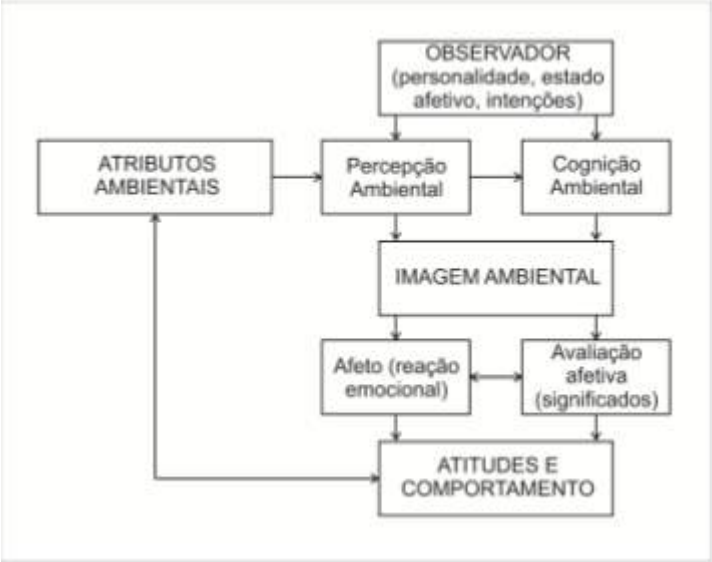



Figura 1: Processo de avaliação ambiental expressa no uso do ambiente. Fonte: adaptada do gráfico de David Miller em Nasar (1988, p.5) e de Lay (1992, p. 52).

Portanto, a percepção da qualidade do espaço surge como consequência das imagens que se têm do local e de como e por quem essas imagens são apreendidas. Através da abordagem perceptiva e cognitiva, os espaços não são apenas descritos pelas suas características formais, mas também quanto aos efeitos de seus aspectos físico-espaciais em relação aos indivíduos.

Assim, utiliza-se a abordagem perceptiva e cognitiva para avaliar o desempenho físico e funcional do ambiente construído a partir dos elementos morfológicos presentes nestes espaços. Ou seja, investiga-se a avaliação que o indivíduo faz sobre determinado elemento e a partir daí, busca-se entender o porquê daquela avaliação com base nas características formais e simbólicas do próprio elemento.

## 2. MEDIDAS DE DESEMPENHO

Através da revisão bibliográfica, encontrou-se como critérios de medição de desempenho ambiental a satisfação dos usuários com o espaço e seu comportamento nele.

Esses dois critérios têm sido utilizados em diversos trabalhos (por exemplo, Lay, 1992; Reis, 1992) para examinar as relações entre o usuário e as várias dimensões do ambiente construído, a fim de apontar como as particularidades nas combinações de forma e espaço decorrentes da concepção do projeto são percebidas e utilizadas.

### 2.1 Satisfação do usuário

O termo satisfação tem sido largamente utilizado em pesquisas, para examinar o nível de relação do usuário com o ambiente físico (LEFEBVRE, 1978; WIGNER, 1978; REIS, 1992). A satisfação como critério de medição usualmente costuma avaliar: (1) o nível de satisfação do usuário com uma determinada dimensão do ambiente e (2) a importância de tal dimensão para a satisfação geral com o espaço (REIS e LAY, 2003; REIS e LAY, 1995).

Lefebvre (1978) diz que a satisfação corresponde, nos fenômenos humanos e nas ciências do homem, à noção geral de equilíbrio relativo: quando a satisfação prevalece em um grupo, esse grupo tende a ter uma certa estabilidade. Se o contrário for observado, a insatisfação coletiva ou individual estará sempre acompanhada de conflitos nas relações sociais.

Wigner (1978) considera que satisfação é produto de um procedimento avaliativo através do processo de comparações, pelo qual um indivíduo compara a sua situação presente com sua situação anterior, com suas metas esperadas, com suas gratificações concretas e com outros indivíduos ou grupos de referência. O autor afirma ainda que

um maior grau de satisfação resulta da percepção de comparações favoráveis e um menor grau de satisfação resulta de comparações desfavoráveis.

Apesar da medição do nível de satisfação do usuário ser uma boa estratégia para a avaliação de desempenho dos espaços abertos em conjuntos habitacionais, ela pode não ser suficiente para determinar quais componentes físicos e simbólicos afetam a percepção e o comportamento de seus usuários. Portanto, é importante também identificar como os espaços e seus elementos influenciam o comportamento dos usuários.

Os julgamentos de preferência estão diretamente relacionados ao conceito de satisfação do indivíduo com o ambiente, constituindo indicativos à avaliação da qualidade visual do espaço. É importante salientar que esses julgamentos referem-se a algo a ser vivenciado enquanto o nível de satisfação do observador com o ambiente refere-se a algo que está sendo vivenciado. As preferências envolvem julgamentos estéticos, os quais permitem que as similaridades e as diferenças existentes entre a imagem do espaço real e aquela referente ao desejado sejam comparadas, resultando em níveis de satisfação positivos, neutros ou negativos (STAMPS, 2000; REIS e LAY, 1995; WARD e RUSSEL, 1981, apud NASAR, 1988).

### 2.2 Comportamento do usuário

O comportamento espacial dos indivíduos é geograficamente localizado e dependente da organização do ambiente, considerando os aspectos de congruência entre um ambiente construído e as necessidades de seus usuários. A organização do espaço é entendida não apenas como possível antecedente do comportamento ambiental, mas como expressão dos usos que as pessoas fazem do espaço. Para Rapoport (1978), é fundamental saber como a pessoa percebe, outorga significado e organiza o espaço, porque o homem e sua bagagem influenciam o meio; em contrapartida, o homem pode também ser influenciado pelo ambiente em que vive. Esse é capaz de facilitar o estabelecimento de relações ou de inibir as pessoas, até o ponto de atuar como catalisador ou como desencadeador de comportamentos latentes.

Para determinar quais componentes físicos e simbólicos presentes no ambiente construído afetam a percepção e avaliação do desempenho destes ambientes, faz-se necessário avaliar o grau de satisfação dos usuários em relação a cada componente e verificar, através da observação comportamental, a efetiva utilização do espaço.

Ornstein (1992) defende que quanto maior for a qualidade do ambiente e de seus elementos, maior será a probabilidade de seu uso e também a frequência de sua utilização.

## 3. A FORMA COMO VEÍCULO DE COMUNICAÇÃO

A apreensão do espaço está relacionada à utilização desse, a possibilidade do lugar de informar, comunicar (KOHLSDORF, 2006), e o meio mais importante de emissão de informações para a visualização e interpretação do espaço é a forma do ambiente, recepcionada e interpretada pelo sistema visual. Criamos nossas representações internas em virtude daquilo que apreendemos das representações externas, e modificamos o ambiente externo em função da nossa compreensão sobre ele.

Okamoto (2002, pg. 118) afirma que “por tendência natural, a visão, num primeiro momento, só enxerga a aparência externa dos objetos e sua configuração”. Isso permite o reconhecimento e dá sentido de referência. Arnheim (2008) defende que a visão não é um registro mecânico de elementos, mas sim a apreensão de padrões estruturais significativos. Com base nessas colocações, verifica-se que as condições em que se realiza a comunicação com o ambiente são essencialmente visuais e constituem um momento determinante na experiência da estética do espaço, porque os aspectos figurativos se manifestam predominantemente pela comunicação visual.

A informação visual é transmitida pela forma como totalidade e pelos diversos lugares do conjunto (ARNHEIM, 2008), e essa deve atender às expectativas sociais e contribuir para que as experiências espaciais vivenciadas pelos usuários sejam para eles motivo de satisfação.

Christopher Alexander (1977) descreve os princípios da concepção do espaço físico através de conceitos como forma, contexto, conjunto e ajuste. Forma para o autor é a definição do resultado do processo de projeto. Contexto é a situação que envolve o edifício e tudo aquilo que constitui o ambiente onde o edifício opera. Já o conjunto é constituído pela forma e pelo contexto. E por fim o ajuste é uma adequação entre elementos intangíveis – uma forma que não existe e um contexto que não se pode descrever.

Assim, pode-se dizer que “em arquitetura, a forma é o edifício ou a organização do espaço” (MOREIRA, 2007, pg.60). Na maior parte dos projetos, não está ao alcance do arquiteto a alteração do entorno da edificação ou das características dos usuários de seu projeto, porém, através dos aspectos físico-espaciais propostos no projeto, o profissional pode interferir no ambiente e nas atividades destinadas aos seus usuários. Essa afirmação é complementada por Lamas (1992, p.28) que afirma que “as formas não têm apenas a ver com concepções estéticas, ideológicas, culturais ou arquitetônicas, mas encontram-se indissociavelmente ligadas a comportamentos, à apropriação e utilização do espaço, e à vida comunitária dos cidadãos”.

Não existem critérios absolutos para um desempenho satisfatório da forma dos lugares – mas, sempre, comportamentos morfológicos melhores ou piores. Por isso, o objetivo do desenho do ambiente construído, mais do que organizar o território, é propor formas que propiciem uma intensa comunicação estética e significação.

### 3.1 Dimensões espaciais na morfologia urbana

Um instrumento de leitura que englobe diversos elementos da forma, através dos seus níveis de importância, é fundamental para descrever ou analisar a forma física de uma cidade ou um ambiente construído. Como afirma Aldo Rossi (2001), o estudo da residência pode ser um bom método para o estudo da cidade e vice-versa.

Lamas (1992) apresenta duas hipóteses relacionadas com a dimensão da forma urbana: a primeira, que a forma aplica-se a conjuntos urbanos de diversas grandezas e complexidades e a segunda, que as formas urbanas ou territoriais são construídas pela composição de diferentes unidades espaciais e elementos morfológicos. Através dessas hipóteses, o autor afirma que três escalas do espaço urbano, classificadas por hierarquia de complexidade, podem ser usadas como base para a análise espacial: (1) escala da cidade (territorial), (2) escala do bairro (urbana) e (3) escala da rua (setorial).

Gordon Cullen (1983) aborda alguns elementos morfológicos e características dessa escala de estudo: fachadas e seus pormenores construtivos, mobiliário urbano, pavimentos, cores, texturas, letreiros, árvores e defende a existência da "arte do relacionamento", cujo objetivo, segundo o autor, é a reunião desses elementos que concorrem para a criação de um ambiente.

## 4. DIMENSÕES QUE AFETAM O DESEMPENHO DOS ESPAÇOS

Com base na literatura, várias dimensões – de acordo com cada autor – foram identificadas como influentes no desempenho dos espaços e, consequentemente, nas interações sociais que neles ocorrem (COOPER MARCUS & SARKISSIAN, 1986; GEHL, 1987; FRANCIS, 2003; LAY, 1992, REIS E LAY, 2006; LYNCH, 2007).

Para Lynch (2007), cujo trabalho tem como foco os espaços urbanos, existem cinco dimensões básicas que possibilitam a avaliação de desempenho nesses espaços: (1) vitalidade, entendida como o grau em que a forma do aglomerado populacional suporta as funções vitais; (2) sentido, que faz relação à clareza com que um ambiente pode ser apreendido e identificado e a facilidade com que seus elementos podem ser ligados a outros acontecimentos e locais; (3) adequação, que está relacionada com o modo como o seu padrão espacial e temporal corresponde ao comportamento habitual dos seus habitantes; (4) acesso, entendido como a capacidade de alcançar outras pessoas, atividades, recursos, serviços, informações ou locais; e, por fim (5) controle, que faz referência ao grau em que a utilização e o acesso a espaços e atividades são controlados por aqueles que os usam e neles trabalham ou residem (LYNCH, 2007, p. 117-209).

Gehl (1987), que trabalha com avaliações de espaços públicos, considera a facilidade de acesso, áreas de permanência e a presença de atividades para se realizar no espaço, como algumas características influentes na avaliação de desempenho desses ambientes. Para esse autor, atividades opcionais e sociais acontecem nos espaços públicos quando o ambiente é agradável sob todos os aspectos. Um ambiente é agradável sob todos os aspectos quando é protegido do crime, do tráfego, do clima, tem qualidades estéticas e um sentido de lugar – que surge quando características visuais permitem um sentimento de que aquele é um lugar especial, único, inspirando as pessoas a ali permanecerem. Assim, para o autor, as dimensões que afetam o desempenho dos espaços públicos são: segurança, conforto, beleza e significado.

Francis (2003) sugere quatro elementos básicos para fazer um bom espaço aberto público: acessibilidade, atividades, conforto e sociabilidade. Acessibilidade inclui fatores como "habilidade de se locomover", conexão e conveniência que podem ser medidas através do mapeamento do comportamento de uso, o número de pedestres e tráfego de dados. Atividades incluem usos, celebração, utilidade e sustentabilidade e são medidas pelas propriedades de valor, mudanças no uso do espaço e movimento comercial. Conforto inclui elementos como segurança, bons lugares para sentar, atratividade e limpeza. Estes podem ser medidos através das estatísticas de crime, condições dos edifícios e dados ambientais. Sociabilidade envolve dimensões como simpatia, interatividade, e diversidade que podem ser acessadas pelos estudos de uso da rua, diversidade de usuários e redes sociais.

Após a identificação de diversas dimensões que afetam o desempenho dos espaços nas diversas escalas trabalhadas, optou-se por aprofundar as três dimensões abordadas por Reis e Lay (2006, p.29) que, segundo os autores "guardam uma estreita relação com a análise e a prática de intervenção no espaço urbano, nomeadamente: (1) Estética, referente à atributos formais de setores e demais aspectos sensoriais associados; (2) Uso dos espaços, nos diferentes setores do ambiente, e (3) Estrutura, referente às relações entre setores. Essas dimensões remetem a características de projeto tratados por Lynch e Hack (1984): o padrão da forma percebida – estética, o padrão de circulação – estrutura e o padrão de atividades – uso.

### 4.1 Estética: conceito e importância

O termo, estética foi inventado por Alexander Baumgarten em 1750 para indicar o estudo do gosto nas artes plásticas. Embora, etimologicamente, a palavra não tenha nada a ver com a percepção, Baumgarten estava preocupado principalmente com a percepção da beleza na poesia, pintura e escultura (LANG, 1987).

A estética, segundo Kant (1790, apud STAMPS, 2000, p. 34) "é um julgamento baseado nos sentimentos de prazer ou desprazer". Assim, juízos estéticos, necessariamente, envolvem sentimentos. Para Stamps (2000), a forma física do objeto, ou seja, sua forma geométrica (aspectos formais) tem correspondência com a lógica de entendimento do indivíduo. O objeto é avaliado como prazeroso, portanto, julgado belo.

Atualmente, no que se aplica aos estudos urbanos, é adotado o conceito de que estética diz respeito a respostas emocionais, relacionadas às qualidades formais e simbólicas dos elementos que compõem o espaço urbano, de qualquer intensidade, as quais as pessoas experienciam regularmente quando em interação com o ambiente (WOHLWILL, 1974, apud NASAR, 1988). São os elementos da forma do ambiente construído que estimulam os nossos sentidos, incluindo as sensações não visuais, embora as visuais sejam dominantes.

A estética está preocupada com: (1) identificar e compreender os fatores que contribuem para a percepção de um objeto ou de um processo avaliado como belo, ou, pelo menos, uma experiência prazerosa, e (2) a compreensão da natureza da capacidade humana de criar e desfrutar de aparatos criados que são esteticamente agradáveis. Existem duas grandes abordagens referentes ao estudo da estética. A primeira tem seus estudos focados nos pensamentos dos indivíduos – estética filosófica – e a segunda – estética empírica, investiga as relações entre as características físicas do ambiente construído e as atitudes e comportamentos dos indivíduos como membros de determinada sociedade (REIS E LAY, 2006).

Stamps (2000, p.p. 89-90) explica que o conhecimento das regras utilizadas para a criação do objeto ou a descrição do mérito estético do projeto são insuficientes para a avaliação estética. É necessário comparar objetos com características formais diferentes para que se possam verificar quais delas apresentam uma avaliação mais satisfatória.

Portanto, ao avaliar ambientes de uso coletivo necessita-se descobrir: a) os princípios estéticos que podem ser generalizados, isto é, que resultam em preferências compartilhadas; b) as regras que são aplicáveis a diferentes tipos de ambientes coletivos; c) as medidas que serão efetivas para os projetos gerados. Isso significa que os ambientes construídos com a aplicação desses princípios, regras e medidas terão resultados melhores em termos de desempenho e serão visualmente mais agradáveis do que os outros que não os adotaram (STAMPS, 2000).

Nessa tarefa de projetar para a coletividade, a busca por razões que estão por trás do julgamento da beleza – o porquê de as pessoas preferirem tal coisa – e da sensação de agradabilidade, tornam-se usuais e essencialmente importantes para sugerir tais razões (STAMPS, 2000).

Partindo do pressuposto de que uma das finalidades dos arquitetos e urbanistas nas cidades é criar ambientes visualmente agradáveis para os moradores e usuários, e considerando que a experiência estética positiva é uma das condições necessárias a ambientes qualificados, conclui-se que os elementos do ambiente construído não podem ser projetados sem considerar as preferências dos indivíduos que irão percebê-los ou usá-los. Argumenta-se, então, que, em qualquer projeto elaborado para áreas urbanas, há necessidade de saber como as pessoas comuns/leigos reagem ao avaliar objetos com características formais diversas.

A relevância da dimensão estética tem aumentado na medida em que a avaliação estética de projetos tem sido implementada na maioria das grandes cidades dos Estados Unidos e Europa – através de um conjunto de medidas denominado *Design Review* – como uma forma de tentar garantir o controle estético do espaço urbano. Esse método consiste em um conjunto de normas, definidas pelo governo, que tem como objetivo controlar a variação estética de determinado ambiente, bem como estabelecer como esse será visualmente no future (STAMPS, 2000).

### 4.2 Uso: conceito e importância

O entendimento de que os espaços abertos de sucesso, como praças, parques, ruas e jardins públicos são aqueles que apresentam vitalidade e são bem utilizados pelas pessoas, tem sido cada vez mais enfatizado (FRANCIS, 2003, p.1). As observações e trabalhos dos cientistas sociais e projetistas como William Whyte (1980), Clare Cooper Marcus & Wendy Sarkissian (1986), Kevin Lynch (1997, 2007), Jan Gehl (1987) tem mostrado que o uso é um requerimento para bons espaços públicos.

O uso de um espaço aberto é um indicador crítico de seu desempenho. Jane Jacobs (2000, p. 106), ao estudar as cidades americanas, afirma que "a diversidade de usos traz a diversidade de usuários, tanto na rua quanto na praça pública". Afinal, sem usuários, o espaço aberto público ou de uma edificação tende a ser de pouco significado e importância.

O uso dos espaços públicos de lazer está vinculado à resposta física ao que foi percebido de seus atributos e da consequente satisfação gerada em seus usuários. Da mesma forma, o uso é condicionado pelas características dos indivíduos que frequentam esses espaços.

Com base na literatura, verifica-se que o uso pode ser afetado por diversos aspectos. Estudos realizados sobre os espaços públicos identificam a percepção da segurança por parte dos usuários dos espaços como incentivadora do uso e das relações sociais nesses locais (FRANCIS, 2003; GEHL, 1987; LANG, 1987; BASSO, 2001). A qualidade estética também pode ser considerada um aspecto que está relacionado ao uso dos espaços. A aparência agradável acaba

incentivando as pessoas a permanecerem no ambiente por mais tempo (GEHL, 1987; FRANCIS, 2003). A variedade de usos no entorno é outro fator que favorece o uso do ambiente, atraindo diferentes indivíduos, em vários períodos, por razões diversas (REIS E LAY, 2006).

### 4.3 Estrutura: conceito e importância

Estrutura, quando referida à escala de um local pequeno, pode ser definida como a maneira em que as partes se ajustam em conjunto. Já ao tratar-se de uma escala maior – num grande aglomerado populacional – é o sentido de orientação: saber onde se está, implica saber como os outros locais estão ligados a esse local (LYNCH, 2007).

A leitura e compreensão da estrutura do ambiente influencia a formação da imagem ambiental e, consequentemente, o comportamento dos usuários – tipos de usos e frequência de sua utilização. Uma das formas de compreender a estrutura de um ambiente e como as diversas unidades do espaço é percebidas, é através do estudo e de seus elementos morfológicos.

## 5. CONCLUSÃO

Através das investigações existentes entre características físico-espaciais do ambiente e o comportamento dos indivíduos, este artigo expõe conceitos que amparam o exame das relações entre a avaliação de desempenho do espaço pelos usuários e o próprio ambiente construído a ser analisado.

Com relação às dimensões destacadas, verifica-se que é possível haver divergências quanto aos elementos morfológicos que determinam uma maior satisfação para cada dimensão entre os usuários do ambiente em análise. Isso porque, no caso da dimensão estética, pode haver problemas relacionados à aparência das edificações ou dos espaços abertos. Já no caso da dimensão uso, em determinado ambiente a presença de “x” equipamentos no espaço aberto pode ser suficiente para atender a demanda enquanto em outro a mesma quantidade de equipamentos pode deixar a desejar. E por fim, com relação à dimensão estrutura, a localização de locais para a realização de determinadas atividades pode agradar mais em um ambiente do que em outro, o que pode indicar que esta solução é melhor que as demais.

Para aprofundar ainda mais este estudo, torna-se importante trabalhar com variáveis de análise, tanto composicionais – relacionadas às características pessoais do usuário, tais como valores sociais e culturais, idade, sexo, cultura, profissão, temperamento ou grau de familiaridade, estilo de vida, educação, renda e práticas de educação infantil – quanto contextuais – que se referem às características físico-espaciais, relacionadas aos atributos formais e simbólicos do ambiente construído que afetam a percepção do usuário e, consequentemente, influenciam o seu nível de satisfação e seu comportamento. Essas variáveis serão foco de um próximo artigo.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALEXANDER C. et al. **Nothes on the synthesis of form.** Cambridge: Harvard University Press, 1977, 216p.

ARNHEIM, Rudolf. **Arte e Percepção Visual,** uma psicologia da visão criadora. São Paulo: Pioneira Thomsom, 2004.

BASSO, Jussara Maria. **Investigação de fatores que afetam o desempenho e apropriação de espaços abertos públicos:** o caso de Campo Grande – MS. Porto Alegre, UFRGS, 2001. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

COOPER, C. & W. SARKISSIAN. **Housing as If People Mattered.** Berkeley: University of California Press, 1986.

CULLEN, G. **Paisagem urbana**. São Paulo: Martins Fontes, 1983.

FISHER, Gustave Nicolas. **Individuals and environment: a psychosocial approach to workspace.** New York: Gruyter, 1997.

FRANCIS, M. **Urban Open Spaces:** designing for user needs. Washington: Island Press, 2003, 85p.

GEHL, J. **Life between buildings:** using public space. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.

GOLLEDGE, R. G.; STIMSON, R. J. **Spatial behavior:** a geographic perspective. New York, The Guilford Press, 1997.

JACOBS, JANE. **Morte e vida de grandes cidades.** São Paulo: Martins Fontes, 2000.

KOHLSDORF, Maria Elaine. **A apreensão da forma da cidade.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1996.

LAMAS, J. **Morfologia urbana e desenho da cidade.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1992. 564 p.

LANG, J. **Creating Architectural Theory.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.

LAY, M. C. D. **Responsive site design, User Environmental Perception and Behaviour.** Tese de Doutorado, School of Architecture, Oxford Brookes University, 1992.

LEFEBVRE, Henri. **De lo rural a lo urbano.** Tradução de Javier Gonzáles-Pueyo, Barcelona: Peninsula, 1978.

LYNCH, Kevin. **A imagem da cidade.** São Paulo: Martins Fontes, 1997.

LYNCH, Kevin. **A boa forma da cidade.** Lisboa: Edições 70, 2007.

MOREIRA, Daniel de Carvalho. **Os princípios da síntese da forma e a análise de projetos arquitetônicos.** Campinas/SP, 2007. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

NASAR, J. L. **Environmental Aesthetics:** Theory, Research and Applications. Cambridge: University Press, 1988.

OKAMOTO, Jun. **Percepção ambiental e comportamento:** visão holística da percepção ambiental na arquitetura e na comunicação. 2a ed. São Paulo: Editora Makenzie, 2002. 261 p.

ORNSTEIN, Sheila W.; ROMÉRO, Marcelo (colab.). **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído.** São Paulo: Studio Nobel / Ed. USP, 1992. 223 p.

RAPOPORT, A. **Aspectos humanos de la forma urbana:** hacia uma confrontación de lãs ciências sociales com el diseño de la forma urbana. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1978.

REIS, A. T. L; LAY, M. C. D. **As técnicas de APO como instrumento de análise ergonômica do ambiente construído.** In: III Encontro Nacional – I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Gramado, 1995.

REIS, A; LAY, M. C. **Habitação de interesse social:** uma análise estética. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 7-19, 2003.

REIS, A; LAY, M. C. **Avaliação da qualidade de projetos** – uma abordagem perceptiva e cognitiva. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.3, p. 21-34, 2006.

ROSSI, Aldo. **A arquitetura da cidade.** São Paulo: Martins Fontes, 2001.

STAMPS, A**. Psychology and the Aesthetics of the Built Environment.** Kluwer Academic ublishers, USA, 2000.

WHITE, W. **The social life of small urban spaces.** Washington, D.C: The Conservation Foundation, 1980.

WIGNER, R. F. **Nível de satisfação de uma população desfavelizada "com a nova área residencial e fatores que o afetam.** Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, PROPUR – UFRGS, 1978.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI

# Arquitetura e Urbanismo: Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CHRISTOPHER WREN E O BARROCO NA INGLATERRA

**Ana Rita Cechin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
anarita396@hotmail.com

**Káren Priscila dos Santos Silva**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
kaa.priscila@hotmail.com

**Manoela Fatima Artuzi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner, Erechim, CEP 99700-000, Erechim, RS.
manuartuzi@hotmail.com

**Vanessa Tibola da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner, Erechim, CEP 99700-000, Erechim, RS. vanessarocha@uricer.edu.br

***Resumo***
*O barroco foi um movimento que iniciou na Inglaterra durante o século XVII e é um período marcado pelas obras arquitetônicas de Christopher Wren, que iniciou o estilo no país. O potencial do movimento Barroco se destacou em obras arquitetônicas e com menor ênfase nas artes. O objetivo do artigo é destacar e caracterizar os aspectos arquitetônicos do barroco na Inglaterra, com foco nas obras de Christopher Wren. A metodologia do artigo é de caráter bibliográfico, baseada na análise de dados secundários, viabilizada pela pesquisa em diferentes fontes alternativas de busca, tais como: artigos, livros e sites. Os resultados reforçam e elencam as principais características do barroco na Inglaterra e as principais obras de Christopher Wren no país.*
***Palavras-chave:*** *barroco, Christopher Wren, obras arquitetônicas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Barroco em sentido figurado aplica-se a toda forma artística muito rebuscada e excessivamente trabalhada. O barroco iniciou na Inglaterra durante o século XVII como uma continuação do Renascimento mantendo a antiguidade clássica porém com outra leitura. O estilo arquitetônico barroco na Inglaterra não foi identificado fortemente nas esculturas e pinturas e sim em obras de artistas estrangeiros em visitas ao país (ATELIÊ, 2013).

Segundo Koch (2014), o barroco se tornará um modelo de vida por mais de 150 anos e que esteve presente na arquitetura, escultura, pintura, música, no vestuário, mobiliário e em penteados da época. O autor frisa ainda que, todos os elementos de composição do Renascimento reaparecem no Barroco, no entanto o grau de representação (ornamentação) é elevado ao máximo. Ainda, quanto as soluções arquitetônicas e suas soluções de composição, os edifícios com de planta longitudinal terá como solução para a sua cobertura a abóboda de berço para a nave central, e para a fachada é atribuída importância, quando comparada aos estilos anteriores.

Um dos destaques desse período foi Christopher Wren, um dos arquitetos ingleses aclamados da história da arquitetura, que é lembrado principalmente pelo projeto da Catedral de St. Paul em Londres (LYNCH, 2016). O barroco inglês teve maior destaque após o grande incêndio de Londres em 1666, e ficou caracterizado como o período de restaurações (ATELIÊ, 2013).

O barroco pode ser considerado mais dinâmico que o renascimento através do uso de contrastes, maior dramaticidade, exuberância e realismo à tendência de decoração. Pode ser identificada nele uma tensão entre o gosto pela materialidade opulenta e as demandas de uma vida espiritual (ATELIÊ, 2013). Portanto, o presente artigo tem

como objetivo destacar e caracterizar aspectos arquitetônicos do barroco na Inglaterra, com foco nas obras de Christopher Wren.

## 2. MÉTODO

A metodologia do trabalho é de caráter descritivo, realizado através da leitura de obras físicas e virtuais, tais como: livros, artigos, dissertações, teses, dentre outros materiais de acesso online. De modo paralelo as pesquisas de materiais bibliográficos com foco no objeto de interesse do artigo, registro das partes elencadas e utilizadas no trabalho foram feitas, apresentando os principais conceitos arquitetônicos do barroco no século XVII e as obras arquitetônicas de Christopher Wren.

De acordo com Gil (2008), o artigo está classificado conforme sua a natureza como pesquisa básica, viabilizada com fonte secundária de dados, ou seja, a pesquisa foi realizada através de material já existente referente ao assunto, buscando apresentar as principais obras, o uso do dinamismo e os elementos diferenciados referindo-se ao barroco na Inglaterra e a Christopher Wren.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

### 3.1 Características do barroco na Inglaterra

Em 1660, após ser restabelecida a monarquia na Inglaterra, o Rei Carlos II passa a imitar a sofisticação e luxo da corte francesa. O estilo conhecido como restauração é considerado como o período da arte Barroca na Inglaterra, embora influenciado, também, pelos estilos flamengo e holandês (WACKERNAGER, 1969).

Segundo Wackernager (1969), as obras barrocas na Inglaterra, são bastante frias e comedidas, ao contrário do barroco na Espanha e na Itália que era sentimental. Cogita-se por vezes que o que é considerado barroco na Inglaterra, por suas características, não seria considerado da mesma maneira em algum outro país (aproximando-se mais do estilo clássico).

O autor segue afirmando que, o barroco possuía uma ideologia religiosa para ressaltar a Igreja Católica em face da Reforma Protestante, motivo principal pelo qual o barroco não se alastrou na Inglaterra, ao contrário do que ocorreu em países eminentemente católicos.

Ainda, o Barroco inglês utilizou certos materiais como a cerâmica holandesa, painéis de madeira do estilo da Renascença que cobriam as paredes com excesso de elementos, espelhos e tapetes. Mas, essa tendência mudou, ficando a decoração mais de acordo com o temperamento inglês. As lareiras, geralmente, eram de mármore com desenhos arquitetônicos e iam até o teto com acabamento em cornija. Os papéis de paredes com "motivos chineses" [1] passaram a serem usados. As portas e janelas tinham frontões, frisos e arquitraves, sendo decorados com talhas de Gibbons[2]**.** Os desenhos do teto tinham relevo com flores, folhagem e frutos, pintado e dourado - Figuras 1 e 2 – e a iluminação era feita por meio de lustres de ferro, prata ou cristal (ATELIÊ, 2013).

Figura 1: Mansão Wentworth Woodhouse
Fonte: WORLD MONUMENTS FUND, 2016.

[1] Motivos chineses conscistem em desenhos ornamentais oriundos da cultura oriental da China que representam elementos da natureza tais como folhagens, com alto detalhamento.
[2] Talhas de Gibbon são talhas de madeira esculpidas por Grinling Gibbons.

Figura 2: Talhas de Gibbons usados em portas e janelas.
Fonte: ATELIÊ, 2013.

Segundo Martim (1969) os móveis eram confortáveis e luxuosos. E a madeira usada era a nogueira, sendo empregadas a marchetaria, a laca japonesa e as pinturas com traços orientais. Também, o "motivo da coroa", símbolo do barroco era muito usado nos móveis que adotaram a curva em "s" do barroco, principalmente nas cadeiras, camas e suportes de móveis.

### 3.2 Christopher Wren e a Arquitetura Barroca

Christopher Wren nasceu em 20 de outubro de 1632, na Inglaterra. Foi um projetista, astrônomo, geômetra, e em seu tempo o maior arquiteto da Inglaterra. Wren foi responsável por reconstruir a cidade de Londres depois do incêndio de 1666, construindo ruas projetadas, praças, edifícios e igrejas. Em 1669, Wren foi nomeado "Supervisor das Obras Reais" e foi mantido no cargo por todos os monarcas posteriores -durante cinquenta anos- (FARIA, 2018)**.**

Nos subtópicos a seguir serão apresentadas algumas das principais obras de Christopher Wren, escolhidas de acordo com sua importância histórica.

#### 3.2.1 Teatro Sheldonian

Em 1662 foi concluído um dos primeiros projetos arquitetônicos de Wren, o Teatro Sheldonian (Figura 3), em Oxford na Inglaterra o qual foi um presente do Bispo Sheldon a sua antiga escola. A obra foi influenciada pelo Teatro de Marcellus, em Roma, mas misturava desenho clássico com conceitos empíricos. Essas hibridações de estilos resultaram num conjunto extremamente harmonioso. (Arts Festival Oxford, 2018).

(a) (b)

Figura 3. (a) Fachada e (b) planta baixa do Teatro Sheldonian.
Fonte: Ebad, 2015.

O Teatro Sheldonian é um conjunto de características que integra diferentes estilos, que de certa forma proporcionaram a autenticidade no conjunto da obra que apresenta sob as esquadrias do primeiro pavimento acabamentos de arcos, dinamismo e imponência em ambos os pavimentos, fachada ornamentada e frontão central acentuando a entrada.

#### 3.2.2 Palácio de Kensington

Segundo o site Ateliê (2013), foi Wren quem determinou o uso de um tipo de habitação que durante dois séculos se impôs na Inglaterra: as casas em tijolo vermelho escuro com janelas em guilhotina, fachada austera e colunas clássicas em madeira com frontão emoldurando a porta de entrada, conforme Figura 4.

Figura 4. Fachada do Palácio de Kensington, 1689.
Fonte: Ebad, 2015.

Através das características escolhidas por Wren, a obra apresenta-se de forma imponente destacando os elementos construtivos da obra, como um todo. Ressalta-se, a marcação do acesso ao palácio bem como os materiais utilizados na construção do mesmo.

### 3.2.3 Catedral de São Paulo

Uma das mais conhecidas e a principal obra de Wren, é a Catedral de São Paulo (Figura 5 e 6), o desenho final foi inspirado na Basílica de São Pedro em Roma, no estilo barroco inglês considerada uma das principais obras primas da arquitetura europeia (PAIVA, 2009).

Wren adotou o estilo barroco na obra, mas de forma bastante controlada, criou efeitos espaciais dramáticos e surpreendentes, particularmente na forma como utilizou a cúpula que, assim como a cúpula de Brunelleschi em Florença, abrange não somente a nave, mas também os corredores, abrindo todo o centro da igreja para um vasto espaço de luz. Assim como as demais igrejas barrocas, a catedral apresenta uma fachada proporcionalmente muito larga entre as torres. A decoração por sua vez é intensamente ornamentada. (Paiva, 2009).

Wren sugeriu o formato de cruz grega para a catedral, mas seu projeto foi renegado por outros arquitetos por ser considerado muito complexo, foi desenvolvido o formato de cruz latina. Alguns ornamentos foram adicionados durante a construção da igreja, inclusive a grande cúpula. O projeto final de Wren foi baseado na Cúpula de São Pedro.

Figura 5. Fachada da Catedral de São Paulo, em Londres.
Fonte: Guia do Estrangeiro, 2015.

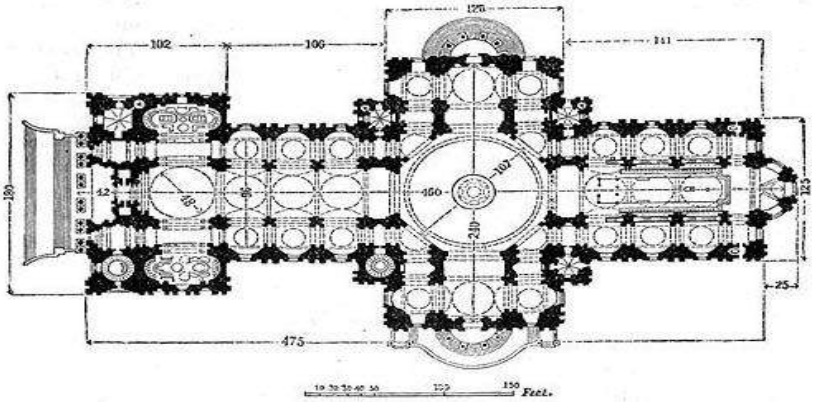


Figura 6. Planta baixa da Catedral de São Paulo, em Londres.
Fonte: Nara Paiva, 2009.

Sendo a Catedral de São Paulo a principal obra do arquiteto, conforme mencionado por (ALVES, 2015), o mesmo emprega os elementos barrocos, tais como o destaque na fachada através do frontão fragmentado, apoiado sobre colunas de ordem coríntia e a cúpula central.

### 3.2.4 Monumento do Incêndio de Londres

O monumento construído em 1672, referência ao Incêndio de Londres que destruiu o centro da cidade em 1666 foi projetado por Christopher Wren e está localizado perto do lugar onde o incêndio começou. O monumento é uma torre de pedra de 61,5 metros de altura possuindo 300 degraus até o topo, a torre é estilo dórico romano (Figura 7).

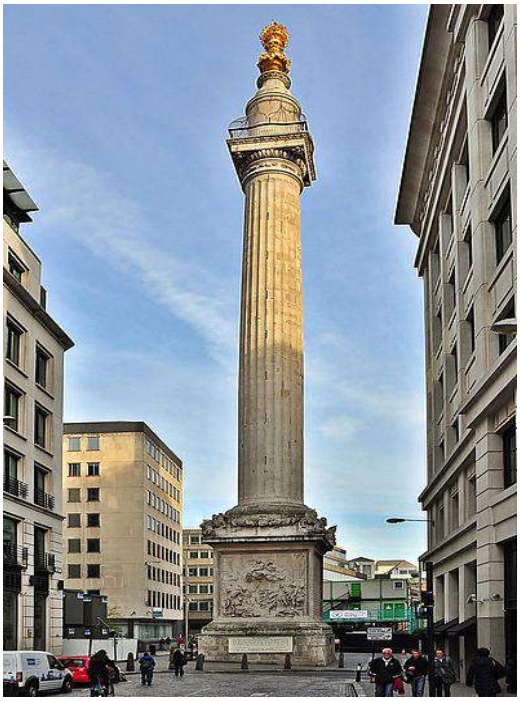


Figura 7. Monumento ao Grande Incêndio de Londres.
Fonte: Ebad, 2015.

A cidade que fora consumida pelo fogo entre 2 e 5 de setembro de 1666, no rescaldo do incêndio, apontasse no sentido de se desenhar uma nova cidade, outra regulamentação se seguiu, diversas normas camarárias, concordando o rei e o parlamento, que superintenderam a reedificação, bem como as autoridades municipais, que a dirigiram, em manter o traçado antigo da capital. Se reerguesse celeremente, encontrando-se os trabalhos de reconstrução quase todos concluídos em meados da década de 1670. A Wren, investigador, respeitado astrónomo e matemático, membro fundador da Royal Society e adepto assumido dessa nova Londres preterida – a capital de Carlos II que ele e o seu

círculo gostariam de ver reerguida à imagem da Roma de Augusto –, e que acabaria por ser o principal arquiteto da reconstrução, ao Grande Incêndio de Londres, o célebre The Monument, que guarda a memória da catástrofe perto do local onde ela havia despontado. O monumento é uma torre de pedra de 61,5 metros de altura possuindo 300 degraus até o topo, a torre é estilo dórico romano (Figura 7). A obra é um marco histórico para a cidade de Londres, desenvolvida de forma austera. (Lima e Neto, 2016).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O barroco na Inglaterra é marcado por características tradicionais do movimento, são exemplos delas o frontão demarcando a entrada principal e fachadas imponentes. Nesse sentido o movimento barroco ganhou destaque na Inglaterra após o incêndio de Londres, em 1666. Christopher Wren foi um arquiteto importante pois colaborou com a reconstrução da cidade.

O arquiteto sugeriu características barrocas nas construções e sua obra de ampla contribuição para o estilo na época foi a catedral de São Paulo, que é considerada a principal obra barroca inglesa. Por fim, o barroco teve foco na reafirmação da Igreja católica no momento da reforma protestante, por isso não se difundiu na Inglaterra tanto como em outros países católicos.

## 5. REFERÊNCIAS

ALVES, P. *Londres: conheça a St Paul´s Cathedral*. 18 de março de 2015. Disponível em: <https://guiadoestrangeiro.com/londres-conheca-a-st-pauls-cathedral/> Acesso em: 15 mai 2018.

Arts Festival Oxford. 2018. Disponível em: <http://www.artsfestivaloxford.org/your-visit/venues-and-access/the-sheldonian-theatre> Acesso em: 14 Set 2018.

ATELIÊ, A. e. *Inglaterra, Renascimento, Barroco e Rococó*. 6 de setembro de 2013. Disponível em: <http://www.atelieearterestauracao.com.br/inglaterra-renascimento-barroco-e-rococo/> Acesso em: 15 mai 2018.

DURANTE, S. *PERFIL BIOGRÁFICO*. 2015. Disponível em: <http://www.ebad.info/wren-christopher> Acesso em: 26 mai 2018.

FARIA, C. (s.d.*). Sir Chistopher Wren.* Disponível em: <https://www.infoescola.com/biografias/sir-christopher-wren> Acesso em: 26 mai 2018.

GIL, A. C, 2008. Métodos e técnicas de pesquisa social. Antônio Carlos Gil, 6. ed, São Paulo: Atlas, 2008.

KOCH, W, 2009. Dicionário dos estilos arquitetônicos / Wilfried Koch; tradução Neide Luiza de Rezende. – 4º ed. Editora WMF Martins Fontes, 2009.

LYNCH, P. *15 arquitetos imortalizados em papel moeda*. 30 de Maio de 2016. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/788214/15-arquitetos-imortalizados-em-notas-de-dinheiro> Acesso em: 15 mai 2018.

LIMA, Madalena Costa; Neto, Maria João Baptista. *Redalyc*. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/5136/513654154005.pdf.> Acesso em: 01 Set 2018.

MAFRA, C. *Catedral de São Paulo de Cristopher Wren*.27 de Março 2018. Disponível em: <http://noblat.oglobo.globo.com/noticias/noticia/2008/03/arquitetura-catedral-de-sao-paulo-de-christopher-wren-94380.html> Acesso em: 26 mai 2018.

PAIVA, NARA. *Saint Pauls Cathedral***.** 2009. Disponível em: <http://narapaiva.blogspot.com/2009/11/saint-pauls-cathedral-como-mensionado.html> Acesso em: 25 mai 2018.

WACKERNAGEl, M. (1969*). Renascimento e Barroco*. Lisboa: Editorial Verbo.

WIKIWAND. (s.d.). *Arquitetura de catedrais e grandes igrejas*. Disponível em: <http://www.wikiwand.com/pt/Arquitetura_de_catedrais_e_grandes_igrejas> Acesso em: 26 mai 2018.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ENTENDENDO AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DA CÚPULA DA CATEDRAL DE FLORENÇA

**Camila RugginiBallardin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
camila.b15@hotmail.com

**Letícia Nadal Rossetto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
leticianrossetto@yahoo.com

**Roberta Aparecida Theodoro de Lima**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner, CEP 99700-000, Erechim, RS
mirtestheodoro@hotmail.com

**Vanessa Tibola da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner, CEP 99700-000, Erechim, RS
vanessarocha@uricer.edu.br

***Resumo***
*O Renascimento foi um movimento cultural responsável por grandes avanços em diferentes áreas do conhecimento e da sociedade. Nesse período a profissão de arquiteto ganhou destaque, FillipoBrunelleschi, é uma referência para o movimento renascentista na Itália, foi responsável pela construção da cúpula da Catedral Santa Maria del Fiore e deixou muitas contribuições para o desenho arquitetônico. Diante disso, este artigo busca, por meio de revisão bibliográfica, compreender as técnicas construtivas utilizadas para o desenvolvimento da cúpula da Catedral Santa Maria del Fiore- 1419. Os resultados do trabalho ressaltam as pesquisas de que a cúpula da Catedral Santa Maria del Fiore continua sendo a maior em alvenaria existente e com um processo construtivo complexo, que nenhum outro arquiteto conseguiu reproduzir.*

***Palavras-chave:*** *Catedral de Florença, Filippo Brunelleschi, renascimento, cúpula.*

## 1. INTRODUÇÃO

Por volta do século XIV, na Itália, surge um movimento denominado renascimento que foi responsável por grandes mudanças, principalmente na cultura da maneira como tal entendemos hoje. Nesse contexto, surgem as grandes descobertas, tais como: o mapa-múndi, o relógio, a imprensa, a pólvora entre outras. É no Renascimento que ocorre a transição da Idade Média para a Idade Moderna, principalmente na Itália. Ainda, a sociedade passou a questionar o estilo gótico, que foi deixado para trás. O renascimento se inseriu em diferentes regiões no mundo, entre elas: Alemanha, França, Países Baixos e Espanha – com estilos particulares em cada lugar, no entanto com a linha renascentista clara e orientada pelo deslocamento do teocentrismo para o antropocentrismo (KOCH, 2014).

Os avanços tecnológicos, a divulgação e propaganda de ideias por intermédio da imprensa possibilitou a disseminação do conhecimento técnico, dando ênfase ao trabalho do arquiteto, que nesse período poderia ser também, engenheiro, escultor, cientista, matemático, etc... Assim, obras que antes eram feitas sem nenhum planejamento prévio, agora passavam por um processo de estudo antes de serem iniciadas. A partir disso, arquitetos como Filippo Brunelleschi ganharam destaque e foram responsáveis por obras majestosas (SEVCENKO, 1988; KOCH, 2014).

Brunelleschi nasceu em Florença, Itália, no ano de 1377 se interessou pela arte e arquitetura, começou como ourives e trabalhou com inúmeras estátuas. Brunelleschi passou anos estudando em Roma, e retornou disposto a resgatar a glória arquitetônica do período clássico. A maior contribuição de Brunelleschi para o Renascimento dá-se pela perspectiva com um ponto de fuga, fator que possibilitou elaborar de forma inovadora a representação do espaço

(FRANZÃO, 2017). Para Mora (2014), a carreira de Brunelleschi teve ainda mais prestigio após a conclusão da cúpula da catedral Santa Maria del Fiore, uma das primeiras catedrais no estilo Renascentista e uma das mais imponentes.

De acordo com MORA (2014), Brunelleschi conclui a cúpula da catedral e não publica nenhuma das plantas. Por este motivo, muitas das técnicas utilizadas eram um segredo até pouco tempo. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é compreender as técnicas construtivas utilizadas para o desenvolvimento da cúpula da Catedral Santa Maria del Fiore.

## 2. MÉTODO

De acordo com GIL (2008), este artigo apresenta sua metodologia de caráter bibliográfico e foi desenvolvida mediante leitura sistemática, ressaltando os pontos pertinentes em relação ao objeto de estudo.

Este artigo se classifica de acordo com sua natureza como estudo básico, uma vez que tem como objetivo gerar conhecimentos novos e de interesse coletivo.

Ainda, a pesquisa é exploratória e se utilizou de levantamentos bibliográficos de diferentes fontes, tais como: livros, artigos, periódicos, monografias, dissertações e teses.

## 3. RESULTADO E DISCUÇÕES

A Catedral Santa Maria del Fiore é uma das mais importantes obras renascentistas e foi consagrada após a contribuição de vários arquitetos, dentre eles, Filippo Brunelleschi, responsável pelo projeto e obra da cúpula, que é até hoje a maior cúpula em alvenaria existente. Até pouco tempo atrás, sua técnica construtiva ainda era desconhecida, mas após anos de estudo, alguns pesquisadores entenderam como esta gigantesca obra se mantem firme por tanto tempo. Os subtópicos, a seguir, apresentam os resultados deste trabalho.

### 3.1 Catedral Santa Maria del Fiore

A Catedral Santa Maria del Fiore, conhecida também como Domo de Florença começou a ser construída em 1296, com um projeto de Arnolfo di Cambio, mas só foi concluída anos depois, com a contribuição de diversos arquitetos. Segundo POZZA (2015), Arnolfo recebeu o pedido de realizar a maior e mais bela igreja, com 153 metros de comprimento,38 metros de largura no ponto mais estreito e 90 metros no ponto mais largo, sua altura é de 86,7 metros. Por muito tempo o Domo de Florença foi o maior do mundo (sendo atualmente o quarto, em relação a outras edificações mundiais).

A catedral é uma obra da arte gótica e da primeira renascença italiana considerada de grande relevância para a história da arquitetura, marco da riqueza e do poder da capital da Toscana nos séculos XIII e XIV. Seu nome cuja tradução é *Santa Maria da Flor*, entende-se referir se ao lírio, símbolo de Florença, porém outros registros do século XV descreve que “flor” se relaciona a Cristo (BRAGA, 2015).

Segundo POZZA (2015), quando Arnolfo projetou o Domo previu a construção de uma grande cúpula que se tornaria o novo símbolo de Florença, no entanto ainda não havia uma solução construtiva para cobrir o vão livre. Mesmo após anos de construção e mudanças no projeto original, a obra permaneceu sem à cúpula. Em 1417 a igreja estava concluída, e Arnolfo havia proposto um modelo de cúpula que não poderia ser efetivado, pois a técnica necessária para a sua construção já não era mais utilizada e não existiam mais artesãos capazes de executá-la.

Arnolfo di Cambio trabalhou na construção até 1302, ano de sua morte e só realizou parte da fachada (fig. 1), que permaneceu por séculos incompleta. Em 1587, a fachada foi desmontada por ordens de Francisco I de Medici, pois era considerada fora de moda, sendo promovido concursos para a construção de uma nova fachada, que vieram por se tornar escândalo, os desenhos subsequentes não foram aceitos e a fachada permaneceu desprovida até o século XIX. O vencedor foi o arquiteto Emilio de Fabris que apresentou um projeto neogótico (fig. 2). Concluída em 1887 foi dedicada à Virgem Maria.

Mesmo após a fachada ser concluída, o altar continuava sem uma cobertura, então no ano de 1418 foi lançado na cidade de Florença na Itália um concurso para cobrir o altar da igreja de Santa Maria del Fiore, que já estava sendo construída a mais de um século. Foi prometido ao vencedor um prêmio de duzentos florins. O concurso correspondia o enorme desafio de cobrir um octógono de paredes com um vão de 43,12 metros, numa altura com relação ao solo de 58,19 metros. O simples envio de materiais necessários para essa construção, numa altura de quase 60 metros do solo era um obstáculo de altas proporções. O ganhador do concurso foi Felippo Brunelleschi, que apresentou soluções construtivas com maestria, como podemos observar na fig. 3, após a obra ser concluída (MOREIRA, 2014).

Atualmente, a Catedral é conhecida como uma obra-prima da arquitetura do renascimento italiano; possui em seu interior janelas com vitrais, afrescos de mestres italianos e um dos mais antigos exemplares de relógio de 24 horas e a cúpula, que até hoje é considerada um sistema único, sem repetições nas construções ao longo da história (LANCINI, 2014).

Figura 1- Estado da construção da fachada até a morte de Arnolfo di Cambio.

Fonte: Cruzando Mundo, 2015

Figura 2- A fachada da Catedral de Santa Maria del Fiore.
Fonte: Cruzando Mundo. 2015

Figura 3- Vista da Catedral.
Fonte: Cruzando Mundo, 2015

### 3.2 Cúpula da Catedral Santa Maria del Fiore

Para compreender as técnicas construtivas da cúpula da catedral Santa Maria del Fiore, estudiosos como o arquiteto italiano Massimo Ricci precisaram buscar conhecimento no período do renascimento; assim, perceberam que uma das formas de enaltecer a riqueza e poder era por meio das artes e da arquitetura; este foi o motivo para a construção da Catedral de Florença, pois dessa maneira seria possível demonstrar a imponência de Florença frente a outras cidades italianas (MUELLER, 2014).

Para que houvesse demonstração de poder, esta deveria ser majestosa e diferente de todas as outras catedrais; precisava de algo que se sobressaísse das catedrais góticas que já estavam presentes em grande parte da Europa, com sustentação estrutural através de arcobotantes, vitrais e torres pontiagudas. A obra encomendada por Marco Vipsânio, foi inspirada na antiga Roma. Possui planta circular, pórtico de entrada com colunas coríntias feitas em granito que sustentam um frontão. Ligado a isto está a rotunda, coberta por uma enorme cúpula (POZZA, 2015).

A catedral foi feita em forma de cruz latina. Caso a nave fosse aumentada, os corredores também teriam de ser, e quanto maior a ampliação, maior a área a ser coberta pela cúpula, o que era um grande empecilho no século XIV, pois não havia tecnologia suficiente para o transporte dos materiais. Por volta de 1418 foi lançado um concurso para a construção da cúpula, que exigia além de uma solução construtiva, projetos de maquinário e andaimes para a obra já que havia impossibilidades tanto construtivas, quanto financeiras de montar andaimes para concretização da cúpula. Assim, o sistema deveria ser autoportante (POZZA, 2015).

Filippo Brunelleschi foi o responsável pela obra que utilizou métodos até hoje não decifrados por especialistas. Isso porque, ele não deixou nenhuma planta, croqui ou qualquer forma de estudo que explicasse como a enorme cúpula se mantem firme por tanto tempo sem nenhum suporte central (MORA, 2014).

Como não existiam estudos sobre a resistência dos materiais, as construções da época eram feitas de maneira empírica, baseadas no conhecimento dos próprios arquitetos e engenheiros, ou então, em construções antigas bem-sucedidas e foi com base na cúpula do Panteão, de Roma, que Brunelleschi projetou a da Catedral de Florença (POZZA, 2015).

Arcos são ótimas opções para vencer grandes vãos de carregamento e se forem construídos no formato adequado diminuem esforços de flexão e cisalhamento devido à distribuição das tensões ao longo da estrutura, fazendo com que apenas os esforços de membrana sejam significativos. POZZA (2015) afirma que isso é extremamente importante, visto que a alvenaria e pedras como arenito e mármore – os materiais utilizados na época – resistem bem a compressão, enquanto às outras solicitações, como tração e cisalhamento, o material não resiste de forma tão eficiente. Mesmo sem comprovação destas informações Brunelleschi sabia que a cúpula apenas permaneceria estável se tivesse uma geometria adequada.

Nesse contexto, Brunelleschi pensou em todos os detalhes, da construção com 43,5 metros de diâmetro. Desafios não faltaram para a execução desta obra, pois a cúpula, possuía em planta, uma base octogonal imperfeita (fig. 5), que não se alinhava ao centro, também não havia nenhum suporte central para sustentação durante o levantamento.

Assim, o arquiteto, criou uma estrutura composta por diversas partes, como um anel octogonal que serve de sustentação para toda a alvenaria de tijolos maciços divididos em dois domos (fig. 4), um interno mais espesso (aproximadamente 2,1 metros de base) e outro externo (aproximadamente 0,6 metros de base), uma camada mais fina, mas imponente, que protege a casca interna das intempéries (POZZA, 2015).

O domo-duplo foi essencial para a resistência da estrutura, e por meio deles foi possível uma abertura para que o local pudesse ser inspecionado. Além disso, outra técnica fundamental para que a alvenaria pudesse se sustentar, foi o posicionamento dos tijolos, que foram dispostos em uma estrutura como uma “espinha de peixe” (figura 6), que deviam seguir uma angulação para que mantivessem o mesmo nível quando chegassem ao topo, para isso, existem evidências de que se tenha utilizado uma corda para marcar a posição exata da alvenaria, que era feita camada por camada e aguardando um tempo até que ocorresse a cura da argamassa. Entre essas camadas estão dispostos anéis de pedra e madeira que sustentavam para que o domo não expandisse para fora (POZZA, 2015).

Outros materiais como arenito e mármore foram usados na lanterna e coberturas externas das nervuras. Para mover estes materiais pesados até o topo da cúpula Filippo projetou máquinas e guindastes inovadores e muito práticos que facilitaram a construção da mesma.

MUELLER (2014), afirma que o primeiro problema a ser resolvido era técnico. Naquela época não havia um mecanismo que suportava realizar a elevação de materiais tão pesados, como as vigas de arenito. Dessa forma, Brunelleschi precisava exceder-se e inventar algo revolucionário, e foi o que ele fez: um cabrestante de três velocidades, equipado com um complexo sistema de engrenagens, roldanas, parafusos e eixos articulados, que eram acionados por uma junta de bois que faziam girar um apoio de madeira. A estrutura era tão complexa que fazia a direção se inverter sem ter que modificar o sentido dos bois, tornando o mecanismo mais rápido e eficiente. Para movimentar lateralmente as cargas quando chegassem em determinada altura, foi necessário a invenção de outro mecanismo composto de contrapesos e roldanas manuais, ou seja, uma grua com cerca de vinte metros de altura.

Após a invenção de máquinas inovadoras e avançadas para o seu tempo Filippo Brunelleschi fascinou várias gerações de artistas e inventores, e só foi superado posteriormente à chegada da Revolução Industrial. Ele conseguiu revolucionar a arquitetura renascentista e tornou a cúpula da Catedral Santa Maria del Fiore uma das principais obras do período e mesmo tendo passado anos desde a sua construção, ela continua sendo a maior cúpula em alvenaria já construída, e atualmente é considerado um dos mais belos e visitados pontos turísticos da cidade. Sua construção levou aproximadamente 16 anos e foi concluída em 1436 (MUELLER, 2014).

Figura 4:Estrutura da cúpula.
Fonte: Cruzando Mundo, 2015

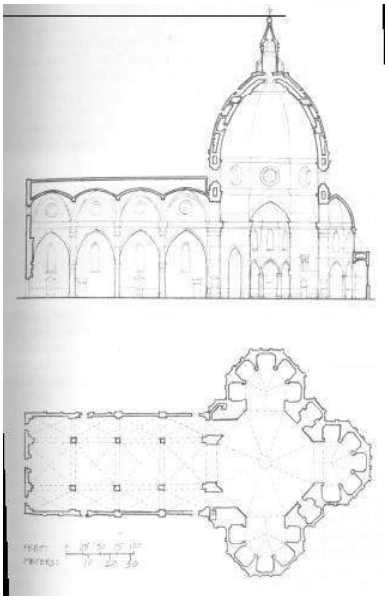


Figura 5: Planta baixa e corte.
Fonte: Cruzando Mundo, 2015

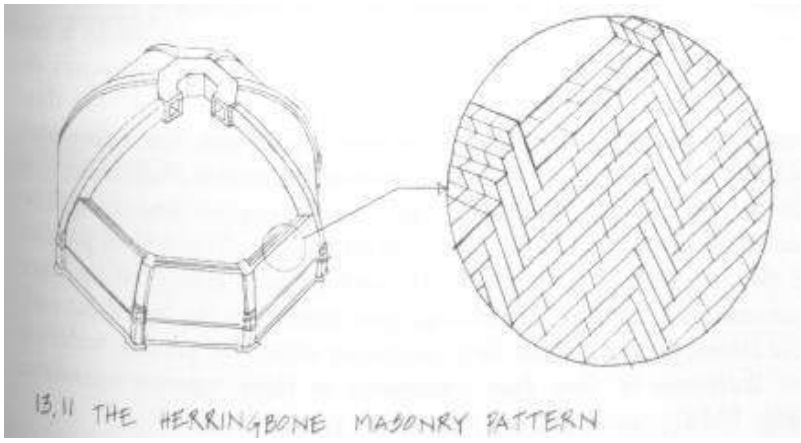



Figura 6: Detalhe técnica construtiva.
Fonte:Cruzando Mundo, 2015

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Catedral Santa Maria del Fiore é uma das mais importantes obras renascentistas e representa um trabalho de fundamental prestigio para a história da arquitetura. Foi aclamada após a contribuição de vários arquitetos, dentre eles, Filippo Brunelleschi, responsável pela cúpula, que continua sendo até hoje a maior em alvenaria existente.

A cúpula desta catedral foi um trabalho esplendoroso que se estendeu por mais de seis séculos. O arquiteto Filippo Brunelleschi utilizou técnicas inovadoras (considerando o período) para que fosse possível sua construção, assim como no projeto da cúpula, por meio de conceitos da física e da geometria, ele elaborou duas cúpulas que permitiram a sustentação através da alvenaria sobreposta em forma de espinha de peixe, sem a utilização de arcobotantes, abóbodas ogivais e contra fortes, conseguiu por meio de um sistema construtivo único, desenvolver uma obra majestosa e marco na história da arquitetura.

## 5. REFERÊNCIAS

BRAGA, Kátia. (2015). *Duomo de Florença e a espetacular cúpula de Brunelleschi.* Fonte: Cruzando Mundo: Disponível em: http://cruzandomundo.com.br/dicas/atividades/duomo-deflorenca-e-a-espetacular-cupula-de-brunelleschi/. Acesso em: 13 jul 2018.

CAMELO, MidoriHijoka (2009*) O espelho e a janela- As investigações ópticas de Filippo Brunelleschi (1377-1446) e Leon Battista Alberti (1404- 1472) para a "costruzionelegittima"*. Fonte: Pontíficia Universidade Católica de São Paulo: Disponível em: https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/13444/1/Midori%20Hijioka%20Camelo.pdf Acesso em: 13 jul 2018.

CARVALHO, Cláudia Lima. (2011). *Descoberto segredo da cúpula de Florença*. Fonte: Público.: Disponível em: https://www.publico.pt/2011/11/11/culturaipsilon/noticia/descoberto-segredo-da-cupula-de-florenca-construida-porbrunelleschi-1520461/amp Acesso em: 13 jul 2018.

DUPRAT, Andréia Carolina Duarte. *Fillippo BRUNELLESCHI*. Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Disponível em: https://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/historia-arte/idmod.php?p=brunelleschi Acesso em: 13 julho 2018.

FRAZÃO, Dilva. (2017). *Biografia de Filippo Brunelleschi*. Fonte: ebiografia: Disponível em: https://www.ebiografia.com/filippo_brunelleschi/ Acesso em: 13 jul 2018.

GIL, A. C, 2008. Métodos e técnicas de pesquisa social. Antônio Carlos Gil, 6. ed, São Paulo: Atlas, 2008.

KOCH, W, 2009. Dicionário dos estilos arquitetônicos / Wilfried Koch; tradução Neide Luiza de Rezende. – 4º ed. Editora WMF Martins Fontes, 2009.

LANCINI, Giulia Carvalho. (2014*). Brunelleschi e o desenho de arquitetura*. Fonte: Instituto de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo: Disponivel em: http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/nelac/wpcontent/uploads/2015/01/Relatorio-final-Brunelleschi-e-o-desenho-arquitetonico.pdf Acesso em: 13 jul 2018.

MUELLER, Tom. (2014).*Brunelleschi's Dome: how did a hot-tempered goldsmith with no formal architectural training create the most miraculous edifice of the Renaissance?Fonte: NationalGeographic Magazine:* Disponível em: http://ngm.nationalgeographic.com/print/2014/02/il-duomo/mueller-text. Acesso em: 13 jul 2018.

MORA, Pola. (2014). *Como Brunelleschi construiu a cúpula da Catedral de Florença?* Fonte: Archdaily: Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/627169/como-brunelleschi-construiu-a-cupula-da-catedral-de-florenca. Acesso em: 13 jul 2018.

MOREIRA, Pedro da Luz. (2014). A cúpula de Santa Maria del Fiori. Fonte: Arquitetura, Cidade e Projeto: Disponível em: http://arquiteturacidadeprojeto.blogspot.com/2014/09/a-cupula-de-santa-maria-del-fiori.html. Acesso em: 13 jul 2018.

POZZA, Diogo Valduga. (2015). *Cúpula da Catedral de Florença: Análise utilizando o método dos elementos finitos.* Fonte: Lume: Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/138282 Acesso em: 13 jul 2018.

SEVCENKO, Nicolau. Renascimento / Nicolau Sevcenko. 6. ed. São Paulo: Atual; Campinas, SP: Editora da Universidade Estadual de Campinas. 1988.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENHO URBANO: ANTECEDENTES HISTÓRICOS

**Ivana Karine Aver**
URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Uri Campus de Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, bairro Fátima.
ivanakarine@yahoo.com.br

***Resumo.*** *O desenho urbano de hoje tem influências diretas das cidades da Antiquidade O traçado viário, a hierarquia urbana e a divisão (mesmo que velada) por classes sociais, tem suas influências já percebidas claramente em cidades como Mileto, Rodes e Pireo, dentro dos conceitos do traçado hipodâmico. Este trabalho faz um breve apanhado das principais referências urbanísticas para possibilitar suas correlações com as cidades atuais.*

***Palavras-chave:*** *antiguidade, traçado viário, desenho urbano.*

## 1. INTRODUÇÃO

"Que é a cidade? Como foi que começou a existir? Que processos promove? Que funções desempenha? Que finalidade preenche? Não há definição que se aplique sozinha a todas as suas manifestações nem descrição isolada que cubra todas as suas transformações, desde o núcleo social embrionário até as complexas formas da sua maturidade e a desintegração corporal da sua velhice. As origens da cidade são obscuras, enterradas ou irrecuperavelmente apagada uma grande parte do seu passado, e são difíceis de pesar suas perspectivas futuras." (MUMFORD, 1998, p.9)

Uma cidade, para ser entendida, deve ser analisada sob diversos ângulos, de forma a possibilitar a compreensão da sua estrutura e evolução urbana de uma maneira mais próxima da realidade.

Um destes enfoques pode ser dado classificando a cidade com base em conceitos morfológicos vinculados à evolução histórica, gerando uma linha através da qual se poderá analisar seu desenvolvimento.

Considerando a importância do traçado viário na análise urbana, já demonstrado por Hillier et al (1993), justifica-se a ênfase na análise morfológica. Para os autores, "most urban grids are, and always have been, deformed grids, characterised by apparent irregularity, rather than ideal grids, characterised by geometric regularity." (HILLIER et al, 1993, p.33)

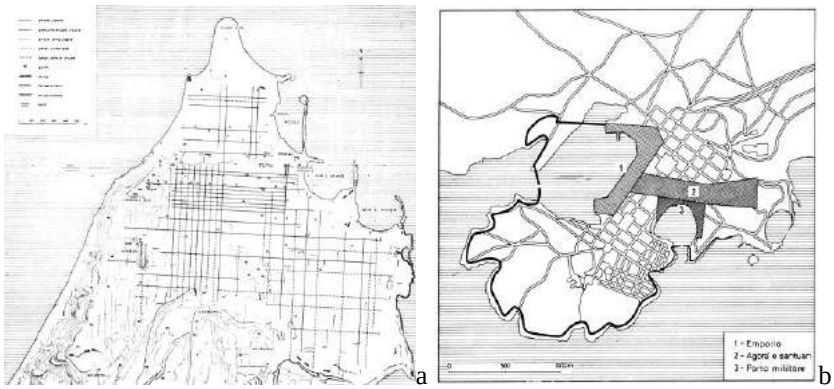
Em relação ao traçado viário, de acordo com Goitia, "[...] haverá maior clareza se reduzirmos tudo aos três tipos fundamentais que abarcam todas as variantes e diversidades. Estes três tipos fundamentais são: o irregular, o radiocêntrico, onde o que acontece mais freqüentemente é que lhe falte rigor geométrico, e o regular, sobretudo o quadricular ou em tabuleiro de xadrez." (1996, 6p.93) Ainda de acordo com o mesmo autor, "Nas civilizações que nos dizem respeito mais de perto vemos, portanto, constituídos três tipos de cidades: a) a cidade pública do mundo clássico, a civitas romana, a cidade por antonomásia; b) a cidade doméstica e campesina da civilização nórdica, e c) a cidade privada e religiosa do Islão. É muito difícil, portanto, resumir numa única definição coisas tão diferentes, e não é de estranhar que vários autores pareçam contradizer-se quando o que acontece, na realidade, é que predomina, em cada um deles, uma determinada perspectiva." (GOITIA, 1996, p.15)

## 2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Na Antigüidade, os exemplares mais relevantes para o estudo encontram-se nas cidades gregas e romanas. As cidades-estado gregas surgiram a partir do século IV a.C., desenvolvendo-se principalmente em colinas e estendendo-se até as planícies próximas. Sua organização espacial distinguia-se pela "[...] cidade alta (a acrópole, onde ficam os templos dos deuses, e onde os habitantes da cidade ainda podem refugiar-se para uma última defesa) e a cidade baixa (a astu, onde se desenvolvem os comércios e as relações civis); mas ambas são partes de um único organismo, pois a comunidade citadina funciona como um todo único, qualquer que seja o seu regime político." (BENEVOLO, 1999, p.76)

Naquela época, o arquiteto Hipódamo de Mileto, considerado o pai do urbanismo grego antigo, concebeu uma cidade ideal, com dez mil habitantes, classificando a população em artesãos, guerreiros e agricultores. Sua cidade era dividida em três partes: uma dedicada aos deuses, outra às propriedades privadas e a terceira, à área pública. Também

propôs a organização da cidade Segundo relações numéricas, buscando a simetria, tendo aplicado sua teoria na área do porto de Pireo, em Mileto e em Rodes.




a b

Figura 1. a) Rodes; b) Pireo.
Fonte:http://www.itiscannizzaro.net/arte/urbanistica/grecia/urbanisticagreca.htm acesso em 23 set. 05

As ruas de Hipódamo eram traçadas em ângulos retos, com poucas vias principais e diversas transversais. As áreas destinadas às atividades civis e religiosas adaptavam-se no interior das quadras. Desta forma, as ruas tangenciavam-nas, sem que o traçado sofresse interferência. (BENEVOLO, 1999, p.114) Este traçado, chamado de hipodâmico ou milésio, foi amplamente copiado no mundo helenístico e nas cidades renascentistas e americanas, tendo começado sua disseminação quando da unificação da Grécia por Felipe da Macedônia.

Contudo, de acordo com Goitia (1996, p.51), "[...] os gregos foram sempre artistas de sensibilidade requintada, que nunca se deixaram arrastar por excessos de rigor quadricular, como aconteceu depois com os romanos." Conforme o mesmo autor (op.cit., p.55), as cidades romanas herdaram, além do traçado regular, os refinamentos técnicos das cidades gregas, como os aquedutos, pavimentos, serviços de incêndio, etc. Roma, sua cidade mais expressiva, foi incendiada quase que totalmente em 378 a.C., sendo logo depois reconstruída, mantendo seu traçado irregular original.

De acordo com Benevolo (1999), após outro incêndio, em 64 d.C., o então imperador Nero mudou a estrutura da cidade, reconstruindo bairros com a utilização de métodos racionais, alargando ruas, criando espaços públicos e ordenando as edificações. Os métodos construtivos empregados derivaram do mundo helenístico, com os quais os romanos entraram em contado na Itália Meridional.

Segundo Bardet (1990, p.9) "[...] as cidades romanas apresentavam o traçado elementar em forma de tabuleiro de xadrez dos agrimensores, ou um plano ordenado por duas grandes vias: cardo e decumanus, traçados ritualisticamente de acordo com os augúrios." Assim, e da mesma forma que os gregos, os romanos passaram a aplicar em suas cidades o traçado quadricular.

Já no período medieval, devido às invasões que assolaram os territórios norte-ocidentais do Império Romano – Itália, Gália, Germânia e Bretanha a partir do século V, a vida urbana de muitas cidades quase que desapareceu. Os habitants voltaram-se à vida do campo, de onde lhes era possível obter os mantimentos mínimos para a subsistência.

As cidades somente voltaram a ser ocupadas de fato a partir do ano 1.000. Devido a isso, as cidades do período medieval não tinham um modelo formal. "O traçado das ruas tinha que resolver as dificuldades da localização, o que fazia com que elas fossem irregulares e tortuosas. " (GOITIA, 1996, p.89) Contudo, possuíam algumas características comuns, como o traçado irregular e hierárquico e a subdivisão em bairros. As praças não eram independentes das ruas, mas largos ligados a estas. Devido à necessidade de proteção, as cidades eram muradas. Com o crescimento das mesmas, eram feitos novos muros mais ou menos circulares para abrigar o excedente populacional.

Contudo, algumas destas cidades cresceram, tornando-se importantes capitais da atualidade, a exemplo de Londres e Paris, esta subdividida em cité (na ilha), ville (margem direita do Sena) e université (margem esquerda do Sena). (BENEVOLO, 1999)

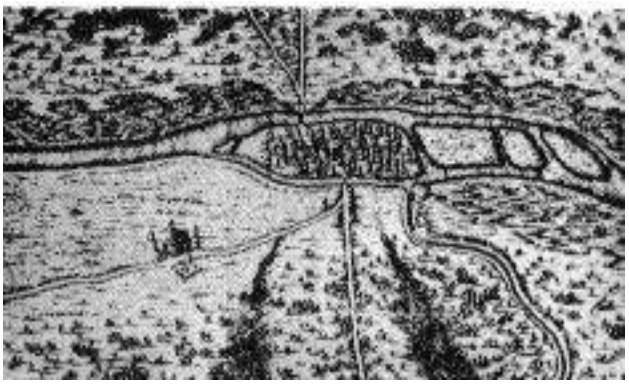


Figura 2. Paris – 1° povoamento
Fonte: GEDDES, 1994, p.225

Com a retomada da vida urbana, iniciada no final da Idade Média, e intensificada na Europa no final do século X, a cidade voltou a ser objeto de estudo. Entretanto, como ainda não havia a necessidade de fundação de novas cidades, as antigas sofreram adaptações para adequarem-se às novas necessidades.

"A actividade urbanística durante os séculos XV e XVI consiste, em grande parte, em alterações no interior das velhas cidades que, geralmente, modificam muito pouco a estrutura geral. Enquanto o pensamento utópico elabora cidades geométricas ideais, a vida decorre nos velhos ambientes medievais, nas praças irregulares e pitorescas e nas estreitas e tortuosas ruelas de outros tempos." (GOITIA, 1996, p.108)

Concomitantemente, a civilização européia começou a se expandir para outros continentes. Assim, neste período "[...] as realizações urbanísticas e de construção nos territórios de além-mar são, em seu conjunto, muito mais importantes do que as existentes na mãe-pátria." (BENEVOLO, 1999, p.469)

No período subseqüente, o barroco, o principal diferencial passa a ser o uso da perspectiva. Para Goitia (1996, p.137), "A visão focal ou centralista coincide com a organização monárquica do Estado."

Deste período, os exemplos mais significativos encontram-se na França, especialmente em Paris e arredores, que chegou a abrigar 400.000 habitantes na metade do século XVII, devido à mudança da residência dos reis para a cidade. (BENEVOLO, 1999, p.505)

Com a mudança da residência real do Louvre para Versailles, Luís XIV "[...] tem condições de criar um ambiente perfeitamente regular mas desabitado: pôs em ordem as colinas, as árvores, os cursos de água, mas não as casas dos homens." (BENEVOLO, 1999, p.514)

Segundo Goitia (1996, p. 143) a principal marca do urbanismo francês foi a praça monumental, que era projetada para servir de quadro para a estátua do rei, exaltando assim a monarquia centralista.

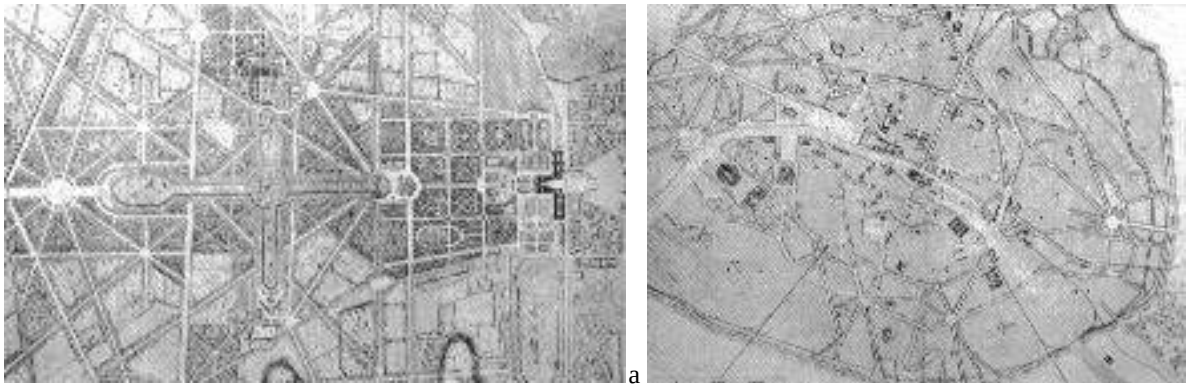



Figura 3. a)Versailles em 1624; b)Paris em 1870
Fonte: GEDDES, 1994, p.226, 225

Salvo casos especiais, ou que provêm de outras culturas distintas da ocidental, a cidade sem alma coincide com a cidade a que a revolução industrial deu origem. (GOITIA, 1996, p.17)

A Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra na segunda metade do século XVIII, provocou uma grande migração de mão-de-obra dos campos para as cidades, que não dispunham de infra-estrutura adequada para abrigar a nova população. Conseqüentemente, segundo Goitia (1996, p.161) "[...] em arrabaldes onde as condições de vida eram atrozes e onde a concentração operária atingia proporções muito elevadas, era lógico que a subversão social fermentasse."

O antigo núcleo urbano não comportava o excedente populacional. As residências eram poucas e pequenas, e as ruas, estreitas e tortuosas. O saneamento básico não supria as necessidades, facilitando assim a geração de conflitos

urbanos e dificultando o controle da população. Contudo, foram justamente as dificuldades desta nova realidade que serviram como impulso para a concepção de alternativas para as cidades.

Objetivando melhorar as condições de vida e minimizar os conflitos sociais, surgiram inovadoras propostas para a organização urbana. Algumas vieram dos próprios donos das indústrias, que propuseram cidades onde suas empresas poderiam, ao menos em tese, conviver pacificamente com as demais atividades da vida urbana (e rural). Um dos primeiros industrialistas a propor novos planos urbanos foi Robert Owen, que planejou uma cidade que combinava as atividades agrícolas e industriais, sendo auto-suficiente economicamente. Owen implantou seu plano em Indiana, nos EUA, onde comprou terras no ano de 1825. Adaptou sua concepção a uma aldeia já existente, tendo seu intento fracassado alguns anos depois. (BENEVOLO, 1999, p.568) De acordo com Goitia (1996, p.161), "foi a antecipação às cidades-jardins do século XX, nascidas das idéias de Ebenezer Howard que, como exemplo, fundou as de Letchworth (1903) e Welwyn, que ainda subsistem e gozam de uma vida próspera."

Para Benevolo, "estes modelos – irrealizáveis na primeira metade do século XIX, e superados pelo debate político da segunda metade do século – são o contrário teórico da cidade liberal; de fato, deslocam o acento da liberdade individual para a organização coletiva, e têm em vista resolver de forma pública todos ou quase todos os aspectos da vida familiar e social. Nascem do protesto pelas condições inaceitáveis da cidade existente, e procuram pela primeira vez romper seus vínculos recorrendo à análise e à programação racional: são máquinas calculadas para aliviar o homem do peso da organização física tradicional, que retarda as transformações políticas e defende o sistema dos interesses existentes. Antecipam, portanto, - como tentativas isoladas – a pesquisa coletiva da arquitetura moderna que terá início no século seguinte." (1999, p.568)

Apesar das propostas revolucionárias idealizadas (e algumas implantadas), a maioria das intervenções urbanística do século XIX limitou-se à implantação do traçado reticulado. Para os especuladores da época, "[...] se as ruas não fossem todas de tráfego e aproximadamente da mesma hierarquia, os valores dos terrenos seriam perigosamente afectados." (GOITIA, 1996, p.169)

Entretanto, pelo menos uma cidade destacou-se na questão urbana neste período: Paris. Sob o governo do Imperador Napoleão III e administração do Prefeito Haussmann, apoiados na lei de expropriação de 1840 e na lei sanitária de 1850, mudanças radicais foram feitas na estrutura da cidade, tornando-a modelo para várias outras cidades do mundo.

De acordo com Benevolo, as mudanças operadas na cidade compreendem:

a) as novas ruas traçadas no conjunto habitacional existente e na faixa periférica. A velha Paris – no cinturão alfandegário de 1875 – compreendia 384 quilômetros de ruas; Haussmann abre 95 quilômetros de novas ruas, que cortam em todos os sentidos o organismo medieval e fazem desaparecer 50 quilômetros ruas antigas. Esta rede viária – que compreende as avenidas barrocas e as insere num conjunto coerente – prolonga-se na periferia, onde Haussmann abre quase 70 quilômetros de ruas;

b) os novos serviços primários: o aqueduto, o esgoto, a instalação da iluminação a gás, a rede de transportes públicos com os ônibus puxados a cavalo;

c) os novos serviços secundários: as escolas, os hospitais, os colégios, os quartéis, [...]

d) a nova estrutura administrativa da cidade [...] (1999, p. 592, 593).

Para Goitia (1996, p.150), "[...] urbanisticamente falando, Haussmann é um conservador e segue a linha estética do barroco, com seus alinhamentos e grandes perspectivas. Haussmann não traçou nenhuma avenida sem contar com um fundo arquitectónico, com um edifício monumental que terminasse o campo de visão."

Geddes (1994, p.142) diz que "[...] jamais um planejador urbano obtivera tanto sucesso anteriormente, não é de se admirar, portanto, que outras cidades tenham seguido este fantástico precedente de Haussmann."

O modelo urbanístico francês (ou haussmanniano) serviu de inspiração para vários urbanistas, como: "[...] Jaussely em Barcelona, Henri Prost e Auburtin em Anvers, André Bérard em Guayaquil, Paul Bouvard em Buenos Aires, Fernand Janin em Chicago, Agache em Camberra etc." (BARDET, 1990, p.22, 23) Também é o provável inspirador de Aarão Reis para Belo Horizonte e de Torres Gonçalves para Erechim.

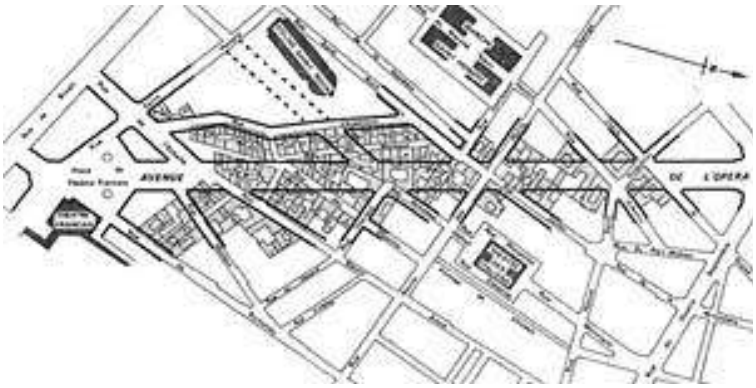


Figura 4. Haussmann: Plano de Paris, 1851-1870
Fonte: BENEVOLO, 1999

## 3. A CIDADE DE HOJE

A cidade moderna entregou-se à tirania do tráfego com demasiada freqüência. Para alguns urbanistas e administradores, o tráfego está acima de tudo, e quaisquer outras considerações devem submeter-se à solução dos problemas de trânsito. (GOITIA, 1996, p.195)

A mais importante diferenciação urbanística das cidades a partir do início do século XX diz respeito à circulação viária. Os percursos não podem mais ser cumpridos a pé, mas não são tão longos que justifiquem a implantação de linhas férreas. Assim, os automóveis e ônibus minaram as cidades, alterando seu traçado viário e tudo o mais que a este está atrelado. De acordo com Goitia (1996, p.192), "[...] o automóvel, que tem sido a alavanca da expansão, tornou-se, por outro lado, no elemento mais perturbador e incómodo da vida citadina."

O crescimento (mesmo o vegetativo) é superior à capacidade dos Municípios em suprir a área urbana com a infra-estrutura adequada. As periferias multiplicam-se em todas as cidades, sem que haja o efetivo controle público, causando desequilíbrio econômico, social e urbano.

Os problemas multiplicam-se, assim como a busca de soluções. Por este motivo, a cidade tem sido cada vez mais objeto de estudo, não só pelo planejadores urbanos, mas por pesquisadores das mais variadas áreas do conhecimento.

## 4. REFERÊNCIAS

Bardet, G. "O urbanismo". Campinas: Papirus, 1990.
Benevolo, L. "História da cidade". 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 1999.
Geddes, P. "Cidades em evolução". São Paulo: Papirus, 1994.
Goitia, F. C. "Breve história do urbanismo". 4.ed. Lisboa: Presença, 1996.
Hillier, B. et al. Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement". Environment & Planning B, vol. 20, 1993, p. 29-66.
Mumford, L. "A cidade na história: suas origens, transformações e perspectivas". 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

A autora é a única responsável pelo material publicado neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL COM PARTICIPAÇÃO SOCIAL

**Ivana Karine Aver**
URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Uri Campus de Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, bairro Fátima.
ivanakarine@yahoo.com.br

***Resumo.*** *O panejamento urbano e regional teve suas primeiras conceituações teórico-metodológicas da década de 1920. Desde então tem sido aplicado em países da Europa e mais recentemente na América. Nas últimas décadas, o interesse pela participação tem aumentado e o argumento mais frequentemente utilizado em sua defesa é relacionado à eficácia das ações governamentais.*

***Palavras-chave:*** *planejamento urbano e regional, participação social, urbanismo*.

## 1. INTRODUÇÃO

O planejamento "consiste, num sentido lato, em processo que estabelece objetivos, define linha de ação e planos detalhados para atingi-los e determina os recursos necessários à consecução dos mencionados objetivos" (LOPES, 1990, p. 24)

Para Perobelli et al. (1999) planejar, em sentido amplo, está interligado a uma determinada área do conhecimento ou de problema, como uma determinada jurisdição territorial, podendo ser um país, uma região (independentemente de sua definição), município, Estado, centro urbano, dentre outros.

Miglioli (1975, p. 9) ao se reportar ao planejamento econômico propriamente dito, o entende como "[...] um processo de orientação ou direção da economia, em substituição ao livre funcionamento do mecanismo de cercado ou como uma correção desse funcionamento. Em outras palavras, o planejamento consistiria na aplicação à economia, de modo coordenado e coerente, de determinados princípios e métodos apoiados no conhecimento científico para a obtenção de resultados previamente selecionados."

Para entender o planejamento urbano e regional, é fundamental entender suas origens.

## 2. PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL

Remonta aos anos 1920 a elaboração teórico-metodológica acerca do planejamento, o que pode ser classificado como fato recente na história social do conhecimento. O modelo, aplicado em princípio nos países socialistas, foi adotado pelos países capitalistas a partir da década de 1930 em razão da grave instabilidade política e econômica, pois as diferenças regionais na concentração do nível de emprego, da riqueza e a atividade econômica acentuaram-se com as rápidas mudanças que aconteceram na economia mundial após a Primeira Guerra Mundial e a crise de 1929/30.

Aplicado inicialmente na Inglaterra e nos Estados Unidos, o planejamento regional foi sendo difundido em outros países capitalistas devido ao fato de que a distribuição desigual dos recursos naturais, aliada às diferentes estratégias do capital territorialmente materializadas, impuseram a necessidade da elaboração de outra metodologia para a intervenção estatal: a que articulasse o regional ao nacional e vice-versa (SANTANA, 2009).

Esse modelo se caracterizou pelo conjunto de mecanismos voltados à racionalização da ação do Estado, capazes de prever o desenvolvimento do país e transformá-lo segundo seus interesses. O Estado passou a intervir no processo de distribuição dos elementos e fatores de produção, assim como na administração dos recursos e dos meios em função de objetivos pré-determinados, através do qual se tornou possível mapear o desenvolvimento de um determinado país. (CARDOSO, 1997)

Ao se reportar à experiência americana, Ferreira (2011) relata o ocorrido em 1933, nos Estados Unidos, com a criação do Tennesse Valley Autorithy (TVA), no governo de Roosevelt, como parte do programa New Deal (1933-1937), de recuperação da economia face à crise econômica iniciada em 1929. Naquele momento foram criadas dezenas de agências ou autarquias, planos para a recuperação da agricultura, metas para a indústria e uma legislação direcionada

para o controle do setor financeiro. Essa experiência também possibilitou realizar obras de infraestrutura vinculadas ao rio Tennessee, como a construção de hidrelétricas, rodovias, pontes, abastecimento de água e irrigação.

As políticas regionais expandiram-se por praticamente todas as nações europeias no período pós Segunda Guerra Mundial. Foi no início dos anos 1950 que diferentes países como a França, a Itália, a Alemanha e a Bélgica consolidaram ações em busca de minimizar as desigualdades regionais existentes em seus territórios.

A primeira experiência italiana de planejamento aconteceu após a reconstrução do Estado italiano com base nas orientações do Plano Marshall, o qual foi de grande importância para o país, uma vez que o levou a capacitar-se para obter crescimento e desenvolvimento a longo prazo (SOLDI, 2013). "Contemporaneamente, toda uma vertente da Economia voltada ao estudo do desenvolvimento regional sistematizou os 'momentos marshallianos' do desenvolvimento das aglomerações produtivas em novas categorias. O primeiro momento é o da aglomeração. Uma vez constituída, ela tende a se desenvolver deixando de ser um mera aglomeração e passa a ser um arranjo produtivo. E quando o arranjo produtivo toma consciência de si e coordena racionalmente o seu desenvolvimento, ele se transforma em sistema local de produção (SLP)." (PAIVA, 2005, p. 1,2)

Soldi (2013) ao comparar Itália e Brasil nas questões de planejamento, desenvolvimento regional e em relação ao papel do Estado, verificou que a crise econômica ocorrida na Itália passou após a Primeira Guerra. Mas, se a ascensão fascista ao poder intensificou a participação do Estado na continuidade do processo, por outro lado, fez com que o crescimento econômico intensificasse o aumento da desigualdade regional, principalmente entre as regiões Norte e Sul da Itália.

Naquele país, o ritmo de desenvolvimento distinto entre o norte e o sul resultou em um sério problema, principalmente no período de redemocratização do pós-fascismo. Em razão disso, em 1950 foi criada a *Cassa del Mezzogiorno* e uma ambiciosa política de industrialização para o sul da Itália. Essa política introduziu o sistema de uso de incentivos fiscais para baratear a formação de capital e da produção, o que foi assimilado e disseminado por outros países, inclusive pelo Brasil.

Quanto à experiência espanhola, ao abordarem suas principais características, Costa Júnior e Costa (2014) destacam que o país passou por profundas transformações políticas, econômicas e sociais durante o século passado, evoluindo de uma estrutura produtiva eminentemente agrária nos anos 1950, para uma economia industrial e principalmente terciária no final do século XX. Partindo do ponto de vista territorial, essa mudança estrutural se deu de forma desequilibrada, com uma profunda migração inter-regional, afetando tanto a produtividade do trabalho quanto a renda per capita das distintas regiões.

A política econômica do governo nesse período de desenvolvimento, chamada de franquista, em razão da ditadura do General Francisco Franco (1938-1973), apresentava como principal estratégia de desenvolvimento econômico a industrialização. Os objetivos de política econômica espanhola nesse período eram recuperar a produção industrial e agrária, diminuir o desemprego agrícola e aumentar o nível de renda por habitante (SIMÕES, 2007). O modelo franquista, similar ao processo vivenciado no Brasil no primeiro governo getulista, caracterizava-se pela forte presença do Estado em todos os setores econômicos, marcado por quatro aspectos conjugados: o dirigismo econômico, o intervencionismo no mercado, autarquização da economia e a própria industrialização como via de desenvolvimento econômico.

Esta nova estrutura produtiva mudou a distribuição das atividades entre as regiões. Algumas, com tradição industrial, entraram em declínio, e novas indústrias se instalaram em regiões sem tradição industrial, levando à inversão das taxas de crescimento regional e dos movimentos migratórios. (LAHORGUE, 1988, p.18)

De acordo com Breitbach (2003, p 31) "la diversité dês trajectoires réelles suivies par les régions témoigne justement du fait que la région est une réalité mouvante et multidimenionnelle. Le développement regional s'exprime per la création de ressources er s'appuie em même temps sur l'organisation productive et sur lês conditions du contexte (liens sociaux, valeurs culturelles, règles et conventions locales). La combinaison des elements productifs et des conditions du context explique les différentes modalities de creations de resources selon les regions, un fait qui produit la pluralité des trajectories de développement regional. Ainsi pour le développenet, ce sont les particularités de la region qui jouent, c`est-à-dire sa façon de combiner l'organisations productive et les conditions du contexte."

Ao falar sobre a questão da desigualdade econômica e sua influência sobre os locais, Perroux (1981, p.67) declara que não são homogêneos os espaços econômicos e os espaços sociais, e não há nenhuma indicação que o tendam a ser.

Para Paiva (2005, p. 8, 9), os países e regiões que demonstraram nas últimas décadas a vitalidade e o dinamismo de equações produtivas pós-fordistas são marcados por "1) Uma economia mercantil pré-capitalista urbana e rural pujante; 2) um dinamismo econômico (e, portanto, um processo de acumulação e concentração de capital) truncado ao longo da segunda metade do século XIX e primeiros dois terços do século XX; 3) uma forte identidade cultural e padrões de solidariedade particularmente desenvolvidos; 4) políticas públicas ativas na defesa e articulação das micro, pequenas e médias empresas (MPMEs) de base local."

Lahorgue (1988, p.19) lembra que "la mobilité des facteurs de production a été ecouragée par des mesures qui ont été prises par presque tous les gouvernements, tant dans les pays capitalistes avancés que dans les pays du tiers monde."

As primeiras experiências de planejamento nos países capitalistas periféricos como os da América Latina, tiveram lugar apenas no período pós Segunda Guerra, quando cresceu a preocupação com políticas de desenvolvimento

nacionais. Acreditava-se que com planejamento adequado, as economias desses países poderiam se desenvolver (VARGAS; THEIS, 2008).

Nas décadas de 1960 e 1970, dentro dos Planos Nacionais de Desenvolvimento, foi dada especial atenção aos polos de desenvolvimento e aos complexos industriais. Os polos de desenvolvimento são associados a grandes projetos de investimento que mantêm fortes vínculos com suas áreas de influência política, social, econômica e institucional. Já os complexos industriais consistem em conjuntos de atividades que ocorrem em determinado local e que pertencem a um grupo ou subsistema de atividades que estão sujeitas a importantes inter-relações de produção, comercialização e tecnologia (HADDAD, 1989, p. 1,2).

No último quarto do século XX o tema do desenvolvimento econômico aparece, segundo Barquero (2007, p. 185) "[...] en una nueva fase del proceso de formación e integración de los mercados y la irrupción de las nuevas tecnologias de la información y de las comunicaciones, en.el centro de la reflexión teórica está, como em el pasado, la cuestión del aumento de la productividad y los mecanismos que favorecen el progreso y la transformación productiva de las economías."

Nesse contexto, os países latino-americanos aderiram gradativamente à ideia de planejamento para a mudança, buscando a adequação à nova realidade econômica que estava sendo incorporada em diferentes países do globo. Contudo, em razão das características sócio históricas destes, os governos ditatoriais influenciaram a questão do planejamento e desenvolvimento. "O planejamento centralizado que, com o decorrer do tempo, se torna um instrumento de repressão da democracia, em conjunto com o aperfeiçoamento de técnicas adquiridas em grande medida no pós-guerra (que havia proporcionado o uso das teorias de crescimento econômico para fortalecer o desenvolvimento), condicionam o contexto em que surge o planejamento na América Latina. Vários países do subcontinente estabeleceram antecipadamente oficinas de planejamento nacional. Sua aceitação generalizada para promover o desenvolvimento deve-se às resoluções da Carta de Punta del Este, de 1961, e de seu mecanismo principal, a Aliança para o Progresso, que condicionava a "ajuda" internacional para a preparação e implementação de programas nacionais de desenvolvimento econômico e social (LIRA, 2006 apud VARGAS e THEIS, 2008, p.12)."

Assim, na América Latina o planejamento por vezes foi utilizado de maneira não democrática, com dirigismo estatal no cumprimento das responsabilidades do Estado para como crescimento e o desenvolvimento.

No caso específico do Brasil, Silva (2004, p.8) destaca que "[...] el fin de la segunda guerra mundial marcó el comienzo de un período en el que se intensificaron los cambios que la sociedad brasileña sufría, a un ritmo más lento, desde lãs primeras décadas del siglo XX. Este período, que duró hasta el umbral de los años ochenta, se caracterizó por la acelerada transición estructural de una sociedad agraria tradicional a uma sociedad de clases moderna. El motor de esta transición, definida por algunos observadores como "modernización conservadora" o "excluyente", fue el rápido crecimiento económico debido a la difusión de formas de producción capitalistas en todos los sectores de la economía."

Até a década de 1970 o país era eminentemente agrícola, tanto quando se pensava em população economicamente ativa como em exportação. Dentre os produtores, havia basicamente os latifundiários e os agricultores familiares. Nas áreas urbanas destacavam-se os comerciantes e profissionais liberais, já que as indústrias eram ainda incipientes. Estas atividades eram comandadas basicamente por imigrantes europeus. (SILVA, 2004)

A adoção do Modelo de Substituição de Importações por vários países latinoamericanos, incluindo o Brasil, contribuiu para o aumento expressivo da taxa de crescimento econômico. Este modelo apresentou particularidades em cada país, mas tinha como princípio básico o aumento da produção nacional e consequente redução das importações. Silva (2004) destaca que com isso a exportação de recursos naturais, até hoje relevante no nosso PIB, desencadeou a redução da mão-de-obra na produção agrícola devido à mecanização e uso de agrotóxicos, e a consequente migração de parte da população rural para as cidades. A maior rentabilidade da produção destinada à exportação gerou uma redução da produção de alimentos básicos a partir da década de 1970. Esta redução da produção ocasionou aumento dos preços dos produtos de consumo básicos e aumento da inflação. Houve intervenção governamental no sentido de controlar os preços, o que desestimulou ainda mais a produção para consumo local. Por outro lado, com proteção governamental e orientação para o mercado interno, paralelamente viu-se desenvolver o setor industrial. Este foi fortemente incentivado durante o regime militar (1964-1985) e era voltado principalmente para as áreas metalmecânica e eletroeletrônica. No período de 1960 a 1980 estes foram os setores que apresentaram maior dinamismo. Assim como os demais, o setor terciário também cresceu consideravelmente no período, e apresentou alteração na sua estrutura, com maior destaque nas décadas de 1960-1970. Especialmente cresceram os serviços relacionados à administração pública e às atividades sociais, de modo a atender as novas demandas em nível nacional.

Este crescimento não foi equitativo em todo o país, visto que estava concentrado basicamente em algumas regiões geograficamente definidas e nas mãos de poucos grupos econômicos, o que de certa forma acabou por aumentar ainda mais as desigualdades regionais. De forma a minimizar as disparidades nacionais, o planejamento foi utilizado amplamente não apenas em âmbito federal, mas também regional, sendo que a experiência mais avançada neste sentido aconteceu no Nordeste, devido aos trabalhos desenvolvidos pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB) a partir de 1954 e pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) a partir de 1959.

Contudo, ressalta-se que "as organizações públicas brasileiras voltadas ao desenvolvimento regional são historicamente marcadas pela centralização das iniciativas e pela falta de articulação real com as experiências vividas pelos atores locais." (RUMOS, 2006, p.17).

Entre os anos 1960 e 1970 deu-se o início da crise aberta do modelo de desenvolvimento mundial do pós-guerra, em decorrência da desarticulação das relações virtuosas do padrão do desenvolvimento norte-americano (BECKER et al, 2009).

## 3. PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL NO BRASIL

No caso brasileiro, na década de 1960 as organizações de âmbito regional que surgiram a partir da influência do Plano de Desenvolvimento Nacional provocaram a criação de diversos novos municípios. No sul do Brasil, com a criação da Superintendência Regional – a SUDESUL – foi incentivada a "instituição de três grandes agrupamentos regionais: as Associações Microrregionais de Municípios, as Microrregiões Homogêneas do IBGE e as Unidades Territoriais Polarizadas do Governo Catarinense (usualmente Microrregiões Polarizadas). (DAMO; LOCH, 2006a, p.4).

Já na década seguinte, assim como na Europa, no Brasil observa-se um crescimento da industrialização em novas áreas. Desde então a questão regional tem ganho cada vez maior ênfase tanto nas pesquisas acadêmicas quanto nas políticas públicas.

De acordo com Lahorgue (1988, p.17), "la décennie 1970 marque un tournant dans le processus de croissance des économies capitalistes. Avec le ralentissement de l'industrie des biens de consommation durables, le moteur de la croissance s'essouffle. Le désordre monétaire s'installe. Les nouveaux pays industriels viennent changer la géographie de la production. Un nouveau système technique commence à se dessiner avec l'expansion des nouvelles technologies (l'informationnel, les biotechnologies, les nouveaux matériaux). Les relations de production qui ont caractérisé les 30 ''glorieuses années'' d'après-guerre sont en train d'évoluer en raison des transformations profondes qe le système productif est en rain de subir. Ces transformations sont particulièrement sensibles dans le domaine spatial avec la persistance, voire l'émergence, de nouvelles disparités entre les espaces régionaux."

Mesmo com o (ou devido ao) intervencionismo constante do governo, a partir do final da década de 1970 o Brasil entrou num período de recessão que perdurou por anos. Em meados da década seguinte houve um período de melhoria com a implementação de um plano de estabilização econômica (Plano Cruzado - 1986), mas que, todavia, não foi suficiente para fazer o país voltar às antigas e mais elevadas taxas de crescimento.

"La crisis social y económica que sobrevino a comienzos de lós años ochenta, cuando la deuda pública alcanzó niveles explosivos, hizo inviable la acción del Estado brasileño -motor del modelo de desarrollo- y provocó su quiebra. El proceso descrito anteriormente le paralizó e inclusive llegaron a revertirse algunas de las tendencias hasta entonces predominantes. Después de una década de crisis cíclicas, se cambió radicalmente el estilo de desarrollo, rompiendo com el modelo anterior. El nuevo modelo se basaba en la apertura comercial y financiera, la disminución sustancial de las actividades del Estado (sobre todo de su participación directa en las actividades productivas, mediante la privatización de empresas estatales y servicios públicos), la prioridad otorgada a la estabilidad macroeconómica (baja inflación, equilibrio presupuestario y en las cuentas externas) y la elaboración de politicas económicas para atraer inversiones extranjeras privadas." (SILVA, 2004, p.27)

Segundo Feger, Rossetto e Edges (2008), até a década de 1980 a criação e a implantação de políticas públicas para o desenvolvimento eram responsabilidade exclusiva do governo federal, sem a participação dos Estados e dos municípios. "Utilizando-se de técnicos altamente treinados para a função de planejamento, o governo central tradicionalmente ditava os planos de desenvolvimento sem considerar as particularidades de cada Estado e de cada município." (op. cit., p. 1). Umas das consequências econômicas e sociais mais impactantes foi o expressivo aumento, na casa dos 49%, do setor informal urbano, entre 1980 e 1985. (SILVA, 2004, p29)

Lahorgue salienta que neste período começou a surgir uma nova indústria e uma nova economia, baseadas no conhecimento. "A volta à reflexão e à investigação sobre o que estava acontecendo nos territórios dos países centrais com o declínio da indústria fordista e a ascensão da manufatura flexível e da introdução de novas tecnologias, mostrou que as regiões não eram entidades neutras nas suas relações com os fatores de desenvolvimento. Ao contrário, sua história e sua capacidade de auto-organização apareceram claramente como elementos essenciais para a compreensão das diferenças de ritmos e de qualidade de crescimento regional. (LAHORGUE, 2006, p.2)"

O Brasil fechou a década em 1980 mergulhado numa grave crise econômico/social. Novas tentativas de controle inflacionário foram feitas, destacando-se a abertura da economia à concorrência internacional e as tentativas de estabilização dos preços. No início da nova década pôde-se observar uma redução no emprego no setor industrial e consequente aumento nos demais setores, inclusive no informal. Neste período surgiram projetos de desenvolvimento de caráter local e/ou regional baseados em arranjos de produção e/ou inovação.

"Esses projetos, chamados [...] de pólos tecnológicos, procuram, além da consolidação e da capacitação da produção propriamente dita, desenvolver inovações organizacionais que favoreçam um maior capital social. Cooperação e confiança são elementos essenciais e definidores do capital social de uma sociedade e estão na base da construção da viabilidade de crescimento durável dos arranjos ou sistemas de produção e/ou inovação." (LAHORGUE, 2006, p.2)

As razões do ressurgimento da temática regional como foco do interesse de atores sociais e do governo se devem - provavelmente - também, às significativas desigualdades de renda entre regiões do Brasil. Assim, a participação e a articulação de atores sociais com a formação de parcerias são fundamentais à medida que a importância da mobilização

dos fatores endógenos para a promoção do desenvolvimento regional é crescentemente enfatizada (BANDEIRA, 1999). Tradicionalmente, as políticas regionais adotadas no Brasil caracterizaram-se por sua formulação e implementação desconsiderarem a participação dos segmentos da sociedade civil afetados. E, por mais que suas deficiências venham se revelando evidentes, esse procedimento ainda marca grande parte das ações nas diferentes esferas da administração pública brasileira.

O interesse pela participação tem aumentado ao longo das últimas décadas e o argumento mais frequentemente utilizado em sua defesa é relacionado à eficácia das ações governamentais. Uma série de instituições internacionais de fomento ao desenvolvimento tem apontado a falta de participação da sociedade civil como uma das principais causas do fracasso de políticas, programas e projetos (BANDEIRA, 1999). Tais instituições avaliam que a deficiência na interação com segmentos relevantes da sociedade tende a prejudicar a eficácia de muitas ações públicas em alcançar integralmente os objetivos propostos. Além disso, quando tratada como objeto e não como sujeito do processo de concepção e implementação de políticas, a população local tende a não se identificar com elas, reduzindo sua sustentação política e aumentando o risco de que se tornem efêmeras. (op. cit.)

Com base nestas análises, em 2005 o Ministério da Integração Nacional implantou a Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR), com tendência de descentralização, respeito e valorização das diversidades regionais. Objetivava engajar a população na elaboração e condução de projetos regionais de desenvolvimento e, a partir de um referencial nacional comum, reduzir as desigualdades regionais.

Também várias organizações internacionais passaram a recomendar, com ênfase e muitas vezes como requisito para aprovação, o envolvimento direto dos segmentos interessados da sociedade civil na formulação e implementação dos programas que recebem seu apoio financeiro para assim assegurar sua eficácia.

Outras linhas de argumentação podem ser desenvolvidas, como afirma Bandeira (1999), para destacar a importância da participação da sociedade civil e da articulação de atores sociais nas ações voltadas para a promoção do desenvolvimento, além da que a toma por meio para assegurar sua eficiência e sustentabilidade. Há de se salientar a importância de uma sociedade civil atuante na vida pública para a boa governança e para o desenvolvimento participativo, com a implicação de que a participação da sociedade civil é importante para assegurar a transparência das ações e permitir a eficiência no que concerne à corrupção latente no setor público.

A terceira linha de argumentação vincula a participação à acumulação de capital social, sendo esse fundamentado em um conjunto de fatores culturais que aumenta a propensão dos atores sociais à colaboração para empreender ações coletivas. Alguns estudos apontam-no como importante fator explicativo das diferenças regionais com relação ao nível de desenvolvimento.

A quarta estabelece conexões entre a operação de mecanismos participativos na formulação e implementação de políticas públicas e o fortalecimento da competitividade sistêmica de um país ou de uma região e a última ressalta o papel desempenhado pela participação no processo de formação e consolidação das identidades regionais, facilitando a formação de consensos entre os atores sociais essenciais ao desenvolvimento.

Essas vertentes destacam dois aspectos fundamentais da participação: seu caráter de elemento essencial da ideia de democracia propriamente dita e seu papel instrumental, derivado da funcionalidade da participação para a articulação de atores sociais e viabilização de processos de capacitação e de aprendizado coletivo, de extrema relevância para a promoção do desenvolvimento (BANDEIRA, 1999).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das principais dificuldades a serem enfrentadas na promoção da participação e articulação de atores sociais em escala regional no Brasil é o fato de que muitas regiões caracterizam-se por um grau de organização da sociedade civil reduzido. Constata-se também que as atividades desse tipo que têm sido promovidas por iniciativa de governos raramente alcançaram resultados duradouros. Em alguns casos, foram abandonadas após o final do mandato da administração responsável pela sua implantação. Além disso, sua credibilidade foi negativamente afetada pela incidência de interesses políticos-eleitorais, que contribuiu para distanciar atores sociais, políticos e econômicos cujo envolvimento continuado teria sido necessário para a consolidação do processo (BANDEIRA, 1999).

De acordo com Silva, (2001, p. 37) “deve-se destacar que a grande maioria pobre da população brasileira historicamente foi marginalizada e excluída da participação nos processos políticos, sendo mobilizada unicamente no sentido da legitimação e/ou do suporte eleitoral aos agentes da elite política.” Mas, com as manifestações populares pode-se constatar que hoje elas são aceitas e respeitadas e que o povo tem realmente voz ativa nas decisões políticas brasileiras.

## 5. REFERÊNCIAS

Bandeira, P. ‘Participação, articulação de atores sociais e desenvolvimento regional”. Brasília: IPEA, 1999.

Barquero, A. V. “Desarrollo endógeno. Teorías y políticas de desarrollo territorial”. Investigaciones Regionales, num. 11, 2007, PP. 183-210.

Becker, D. F. “Competitividade: o (des)caminho da globalização econômico-financeira”. In: AGOSTINI, Cíntia; BANDEIRA, Pedro Silveira; DALLABRIDA, Valdir Roque (Org.). Desenvolvimento contemporâneo e seus (des)caminhos: a contribuição da obra de Dinizar Becker. Lajeado: UNIVATES, 2009.

Breitbach, A. C. M. “Une dynamique regionale fondee sur la diversification industrielle. L’expérience de la région de Caxias do Sul (Brasil)”. Sorbonne: Universite Paris I, 2003.

Cardoso, F. H. “Aspectos políticos do planejamento”. In: LAFER, Betty Mindlin. Planejamento no Brasil. 5 ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.

Costa Júnior, A. G.; Costa, C. E. M. “Principais características da experiência espanhola e italiana de planejamento regional e aspectos que podem servir de aprendizado para o Brasil”. Mundorama, 2014. Disponível em http://mundorama.net/2014/01/14/principais-caracteristicas-daexperiencia-espanhola-e-italiana-de-planejamento-regional-e-aspectos-que-podemservir-de-aprendizado-para-o-brasil-por-antonio-gil-da-costa-junior-e-carlos-eduardode-mi/. Acesso em 12 mai.2014.

Damo, M. R. S.; Loch, C. “As Secretarias de Desenvolvimento Regional e a configuração da regionalização catarinense”. In: COBRAC 2006 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: UFSC, 2006a.

Feger, J. E.; Etges, V. E.; Rossetto, A, M. !Limites de Regionalização para Elaboração de Estratégias para o Desenvolvimento Regional”. In Revista Gestão.Org. p.172/192. Mai/ago.2010.

Ferreira, J. D. “Análise do Plano-Processo na Urbanização de cidades no Baixo Amazonas: o caso de Santarém-Brasil”. Mestrado. Universidade da Amazônia, 2011.

Haddad, P. A organização dos sistemas produtivos locais como prática de desenvolvimento endógeno. Teorias e Métodos de Análise”. BNB, Fortaleza, 1989 cap. 10.

Lahorgue, M. A. Pólos tecnológicos no Brasil: espontaneidade ou inovação social? Uma discussão sobre os pólos tecnológicos brasileiros, sua evolução e perspectivas”. In I Congresso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. Palacio de Minería, 2006.

_____. “L’approche du developpement regional par les systemes complexes:le cas du plateau du Rio Grande do Sul – Bresil”. Tese de Doutorado. L’Universite de Paris I – Pantheon Sorbonne, 1988.

Lopes C. T. “Planejamento, Estado e crescimento”. São Paulo: Pioneira, 1990.

Miglioli, J. “Técnicas quantitativas de planejamento”. Rio de Janeiro: Vozes, 1975.

Paiva, C. A. “Aglomerações, Arranjos e Sistemas Produtivos Locais: o que são, como se diferenciam e quais as políticas mais adequadas ao seu desenvolvimento?” Redes. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, v. 10, n. 3, 2005. Disponível em: . Acesso em: 13 abr. 2010.

Perobelli, F. S. et al. “O planejamento regional e potenciais de desenvolvimento dos municípios de Minas Gerais na região em torno de Juiz de Fora: uma aplicação de análise fatorial”. Belo Horizonte: Nova Economia, v.9, n.1, 1999.

Perroux, F. “Pour une philosophie du nouveau développement”. Paris, Aubier : Presses de l'Unesco, 1981.

Rumos 2015. “Estudo sobre desenvolvimento regional e logística de transportes no Rio Grande do Sul”. SCP-DEPLAN;DCAPET. Porto Alegre: SCP, 2006. 5v.

Santana, M. A. “A experiência de planejamento regional no Brasil: o caso da Amazônia (1931-2003)”. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Rio de Janeiro 2009.

Silva. M. K. Construção da “participação popular” : análise comparativa de processos de participação social na discussão pública do orçamento em municípios da região metropolitana de Porto Alegre/ RS. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

Silva, N. V. “Cambios sociales y estratificación em el Brasil contemporâneo (1945-1999)”. Santiago do Chile: CEPAL, 2004

Soldi, R. “Planejamento, desenvolvimento regional e o papel do Estado: studo comparativo entre o Estado brasileiro e o Estado italiano”. Tese (doutorado). São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2013.

Vargas, D. B.; Theis, I. M. “A Evolução recente do Planejamento na América Latina: lições para Santa Catarina?” In: Anais II Encontro de Economia Catarinense. Chapecó, APEC: 2008

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

A autora é a única responsável pelo material publicado neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# HISTÓRIA DO MODERNISMO NA ARQUITETURA E SUA INFLUÊNCIA ATUAL

**Kétlin Polo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
Khetlyn_polo@hotmail.com
**Vanessa Tibola da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
vanessarocha@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O modernismo foi um movimento artístico, cultural e arquitetônico que expandiu-se no Brasil a partir das primeiras décadas do século XX. As primeiras obras arquitetônicas modernistas surgiram no início do processo de industrialização, por meio da atuação e influência de arquitetos estrangeiros adeptos a esse movimento. As principais características referem-se ao racionalismo, uso de formas geométricas puras, pilotis, planos de vidro contínuos, painéis, azulejos decorados, murais e esculturas. Ao longo do tempo, entretanto, algumas dessas características foram sendo alteradas diante do novo contexto da sociedade brasileira. Entretanto, características como o funcionalismo, desapego à formalidades, uso de formas geométricas e exploração de objetos e formas internos e externos podem ser observados nos dias atuais, ratificando a ênfase do modernismo nos na arquitetura da sociedade contemporânea. Diante disso, o objetivo deste artigo é descrever os aspectos da arquitetura moderna no Brasil e sua relevância para a contemporaneidade. A metodologia do trabalho é de caráter descritiva, baseada na análise de dados secundários e na descrição de conteúdo bibliográfico. Os resultados do trabalho reforçam a importância do movimento moderno para a história da arquitetura e do urbanismo no Brasil.*

***Palavras-chave:*** *Modernismo, Arquitetura, Projetos Arquitetônicos, Brasil.*

## 1. INTRODUÇÃO

O modernismo foi um movimento artístico, cultural e arquitetônico iniciado na Europa e disseminado em diferentes territórios globais. Esse movimento expandiu-se no Brasil durantes as primeiras décadas do século XX. Seu início caracteriza-se, sobretudo, por meio de correntes de vanguarda, principalmente em São Paulo, na semana da arte moderna, em 1922. O movimento deu início a uma nova fase estética devido a incorporação de tendências fundamentadas na valorização da realidade nacional, abandonando as tradições que vinham sendo seguidas na literatura, nas artes e na arquitetura (ARTIGAS, 1981).

A arquitetura modernista caracterizou-se por um conjunto de movimentos e escolas de arquitetura que percebiam a arquitetura de modo completamente diferente dos anteriores, século XIX. Dentre as características da arquitetura modernista, destacam-se a utilização de novas tecnologias e materiais, em detrimento dos estilos comumente utilizados anteriormente; apresentando uma arquitetura que era simples e funcional por meio de volumes geométricos e sem ornamentação (BRAGA e AMORIM, 2009). Nesse contexto, observam-se releitura da arquitetura moderna presentes em edificações contemporâneas.

Neste sentido, o objetivo deste artigo é descrever os aspectos da arquitetura moderna no Brasil e sua relevância para a contemporaneidade.

## 2. MÉTODO

A metodologia do artigo é de caráter bibliográfica, viabilizada através da leitura em livros, artigos, dissertações, teses, dentre outros materiais de acesso online. De acordo com Gil (2008), a natureza deste artigo é básica descritiva, viabilizada por fonte secundária de dados, ou seja, a pesquisa foi realizada através de material já existente referente a arquitetura modernista no Brasil.

## 3. DESENVOLVIMENTO

### 3.1. Aspectos gerais da arquitetura moderna brasileira

Devido aos problemas na Europa gerados pelas alterações socioeconômicas durante a Revolução Industrial, o modernismo arquitetônico surgiu como alternativa para as mudanças observadas nesse continente em constante transformação e marcada pelo contexto da primeira guerra mundial (VELLOSO, 2013). No Brasil, entretanto, as primeiras obras modernistas surgiram apenas quando se iniciava o processo de industrialização, por meio da atuação e influência de arquitetos estrangeiros adeptos a esse movimento, entre eles podemos destacar: Le Corbusier, Affonso Eduardo Reidy, Gregori Warchavchik, entre outros.

Entretanto, foram os arquitetos brasileiros dentre os quais destacam-se Lucio Costa e Oscar Niemeyer, que reforçaram a presença do movimento moderno na arquitetura brasileira, no contexto nacional e internacional (BONDUKI, 1998). Segundo Artigas (1986), esses arquitetos priorizavam em suas obras:

- Fundamentação em racionalismo e funcionalismo, ou seja, aplicação da ideia de que tamanho, volume, distribuição do espaço e outras características arquitetônicas devem ser norteadas somente pela sua racionalidade e funcionalidade;
- Uso de formas geométricas definidas e simples;
- Ausência de ornamentos;
- Separação entre estrutura e vedação;
- Uso de pilotis;
- Planos de vidros contínuos nas fachadas ao invés de janelas tradicionais;
- Integração da arquitetura com paisagismo e artes plásticas, por meio de emprego de painéis, azulejos decorados, murais e esculturas.

Apesar de existir projetos residenciais modernistas datados do final da década de 20, a construção mais intensa desse estilo arquitetônico se deu a partir das décadas de 30 (FRAMPTON, 1997). Isso porque o estado - objetivando vincular ideias de inovação - desempenhou papel importante no processo de afirmação do modernismo brasileiro, ao atuar como patrocinador de obras que buscavam o modernismo como símbolo de modernidade e progresso.

O governo de Getúlio Vargas construiu palácios para abrigar os ministérios e órgãos públicos. Tal decisão foi de extrema importância pois, na época, empresas e elites adotavam um estilo somente após sua utilização em obras públicas (ARTIGAS, 1986). Nesse cenário, foi construído o Ministério da Educação Saúde (Figura 1 e 2) que teve como o ideólogo principal o arquiteto modernista brasileiro Lucio Costa, sob consultoria do arquiteto francês Le Corbusier. O edifício, concebido de acordo com os fundamentos modernistas, tornou-se um marco para a arquitetura brasileira, representando uma ruptura com as formas arquitetônicas características da época (BONDUKI, 1998).

Figura 1. Ministério da Educação e Saúde, hoje denominado Palácio Gustavo Capanema
Fonte: COMAS, 2006

Figura 2. Detalhes arquitetônicos e construtivos do pavimento térreo
Fonte: Barbosa, 2012

O Palácio Gustavo Capanema está localizado na cidade do Rio de Janeiro, é um edifício público atualmente ocupado pelo MEC. O edifício teve a consultoria de Le Corbusier, projetado pela equipe de arquitetos composta por: Oscar Niemeyer, Lúcio Costa, Carlos Leão, Ernani Vasconcellos, Affonso Eduardo Reidy, Jorge Machado Moreira. Tal edifício mostra os princípios arquitetônicos do movimento moderno no Brasil. A construção do edifício teve um marco histórico, demonstrando e ensaiando a utilização da arquitetura funcionalista liderada por Le Corbusier.

Um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento e reconhecimento do movimento arquitetônico modernista brasileiro, em nível internacional foi o arquiteto Oscar Niemeyer. Formou-se em arquitetura na Escola Nacional de Belas Artes, no Rio de Janeiro. Após sua formação, começou a frequentar o escritório de Lucio Costa. Suas obras foram de extrema relevância para o país, já que empregava uma nova forma de projetar, com o uso de formas novas, superfícies curvas, explorando as possibilidades do concreto armado, deixando suas obras com ar monumental. Dentre suas obras brasileiras destacam-se, a Catedral de Brasília, Congresso Nacional, Museu de Arte Moderna de Brasília, Palácio do Planalto, Palácio da Alvorada, Supremo Tribunal Federal, Teatro Nacional,entre outros. Niemeyer utilizava a luz natural como forma de expressão e significado, classificando os espaços e formas, revelando contrastes e leveza.

Nesse contexto, este artigo, ressalta duas das principais obras de Niemeyer, são elas: a primeira, o conjunto da Pampulha, em Belo Horizonte (Figura 2A), construída também sob consultoria de Le Corbusier. E, a segunda, (Figura 2B) o urbanismo de Brasília (FRAMPTON, 1997), a qual foi totalmente construída a partir de princípios modernistas. O valor do seus monumentos e plano urbanístico faz de Brasília um marco para a história da arquitetura moderna.

Figura 2. Obras de Oscar Niemeyer, em Belo Horizonte, na Pampulha (A) e em Brasília (B)
Fonte: MCGUICKIN, 2012

O Conjunto Moderno da Pampulha está localizado em Belo Horizonte. Construído entre 1942 e 1943, projetado por Oscar Niemeyer e Roberto Burle Marx. O conjunto é composto por quatro edifícios, a Igreja de São Francisco de Assis, o Cassino (atual Museu da Pampulha), Late Clube, a Casa do Baile (atual Centro de Conferência em Urbanismo, Arquitetura e Design de Belo Horizonte). Conta também com o espelho d'água do lago urbano e a orla trabalhada com paisagismo.

O urbanismo em Brasília resultou de um concurso lançado por Juscelino Kubitschek. A proposta vencedora foi a de Lúcio Costa. Foi um projeto com o conceito inovador, dispondo a cidade num pano horizontal, ideia concretizada pelas superquadras. Os prédios possuíam o térreo livre, usando pilotis e não eram muito altos. Com a proposta ele mostrava que queria uma cidade com laços comunitários, moderna e amatutada ao mesmo tempo densa e arborizada.

### 3.2. Influência do modernismo na arquitetura atual

A partir da década de 70, devido a maior concentração da população nos centros urbanos, a arquitetura brasileira começou a perder alguns dos traços modernistas (PORTOGHESI, 2002). Ainda assim, a estética do Movimento Moderno na arquitetura formou uma linguagem que ainda se expressa na contemporaneidade.

Dois fatores contribuíram decisivamente para a presença da arquitetura moderna brasileira atualmente. O primeiro refere-se à pesquisa sobre os problemas da insolação e o segundo a o desenvolvimento de técnicas avançadas do uso do concreto armado, que resultou não só em estruturas mais leves e elegantes, mas também em uma economia significativa, em comparação com o custo da construção em outros países. Esses dois fatores associam-se às duas características mais presentes no modernismo arquitetônico: o emprego de grandes superfícies de vidro e o uso de estruturas livres, apoiadas sobre pilotis, com o térreo aberto quando possível. Essas duas características mostram também a marcante influência de Le Corbusier, salientando sua importância para o desenvolvimento da arquitetura moderna no país (FRAMPTON, 1997).

Além disso, a influência do modernismo na arquitetura pode ser observada no estímulo à exploração de novas técnicas e materiais em desapego a algumas formalidades que, de acordo com a corrente de pensamento, acabavam por afetar a liberdade de criação e expressão artística. As formas geométricas e orgânicas são aplicadas ao desenho de

residências, ambientes e elementos. Explora-se os objetos e formas, para além do seu apelo estético e ornamental. A funcionalidade é um aspecto priorizado no desenho dos interiores, o que pode ser observado tanto na concepção de edifícios públicos e residenciais, quanto na disposição e organização dos elementos dos interiores (BONDUKI, 1998).

Passadas mais de oito décadas, é possível afirmar que o Movimento Moderno marcou de fato a história da arquitetura mundial e que é de importância inquestionável (VELLOSO, 2013). A nova geração de arquitetos apresenta uma forte inspiração nos projetos modernistas brasileiros, principalmente os dos anos 1940 e 1950, período de maior reconhecimento internacional. Nas obras observadas atualmente entretanto, ao contrário das obras do modernismo, não há ilusões ideológicas de transformação social através da arquitetura, e o moderno é tido somente como linguagem (BRAGA e AMORIM, 2009).

## 4. CONCLUSÕES

Podemos perceber que muito foram as contribuições do movimento moderno no Brasil. Vários projetos realizados no país servem de inspirações. Arquitetos modernistas estrangeiros influenciaram na arquitetura brasileira, porém a aceitação a modernidade deve-se principalmente pelos arquitetos brasileiros Lúcio Costa e Oscar Niemeyer.

Nos anos em que aconteceu o movimento no país tiveram várias inovações na arquitetura e no modo em se fazer arquitetura. Os princípios alavancados pelo movimento moderno são relembrados até hoje. De modo a assegurar uma nova forma à construção.

O mais relevante são as características que priorizavam nas obras. O uso de volumes, adições e subtrações, planos de vidros contínuos na fachada ao invés das janelas tradicionais, etc. Tudo isso é o que encanta o movimento, essa leveza e contrastes que as obras transmitem, esses são com certeza os privilégios do movimento moderno.

## 5. REFERÊNCIAS

ARTIGAS, J. B. V., 1981. *Caminhos da arquitetura*. São Paulo: Lech.

BARBOSA, L. J. 2012. Palácio Gustavo Capanema, antigo Ministério da Educação e Saúde Pública. Disponível em: http://www.flickriver.com/photos/93256055@N00/15248012016/. Acessado em: 14 set. 2018.

BONDUKI, N. G. 1998. *Origens da habitação social no Brasil. Arquitetura Moderna, lei do Inquilinato e difusão da casa própria*. São Paulo: Estação Liberdade: FAPESP.

BRAGA, D. K.; Amorim, C. N. D. 2009. *Tendências estilísticas da arquitetura contemporânea brasileira e bioclimatismo.* In: X Anais do encontro nacional de conforto no ambiente construído p-855-864.

COMAS, C. E. D. *Questões de base e situação: arquitetura moderna e edifícios de escritórios*. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: < http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.078/293> . Acessado em: 15 set. 2018.

FRAMPTON, K. 1997. *História crítica da arquitetura moderna*. São Paulo: Martins Fontes.

GIL, A. C, 2008. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. Antônio Carlos Gil, 6. ed, São Paulo: Atlas, 2008.

MCGUICKIN, G. *Oscar Niemeyer: King of the Curve*. 2012. Disponível em: <https://www.decoist.com/oscar-niemeyer-design/> . Acessado em: 10 set. 2018.

PORTOGHESI, Paolo. 2002. *Depois da arquitetura moderna*. São Paulo: Martins Fontes.

VELLOSO, M. P. 2013. *História & modernismo*. Belo Horizonte: Autentica.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ROMA BARROCA E OS ESPAÇOS URBANOS

**Bruna Isadora Parmeggiani**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
brunaparmeggiani@outlook.com.br

**Liandra Bernardi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
liandra98@hotmail.com

**Vanessa Tibola da Rocha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
vanessarocha@uricer.edu.br

***Resumo***
*A Roma barroca se desenvolveu a partir da ambição da igreja e do clero, fazendo com que artistas de todo o mundo vissem em Roma uma oportunidade de difundir seu trabalho, tornando-se um ícone desse período para a arquitetura. Foi então que artistas como Gian Lorenzo Bernini, Giuseppe Valadier, Alessandro Specchi e Francesco De Sanctis com as obras Piazza Navona, Piazza Del Popolo e Escada Piazza Del Spagna, respectivamente, se tornaram referências para o urbanismo e a arquitetura barroca. Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar duas importantes praças (Piazza del Papolo, Piazza Navona, Escadaria Piazza di Spagna) desenvolvidas neste período em Roma, descrevendo suas características. A metodologia do artigo é de caráter descritivo, desenvolvida por meio da revisão bibliográfica, mediante leitura sistemática, ressaltando os pontos de interesse do trabalho. Por fim, os resultados do trabalho evidenciam que, os aspectos arquitetônicos e urbanos presentes nesse período reforçam à importância da organização dos espaços da cidade para obter funcionalidade urbana. A partir disso, foi possível formular setores pela distinção de suas funções como, espaços comerciais, industriais e residenciais. Por fim, o movimento barroco se expandiu para outros países no mundo, sendo considerado referência durante o século XVI e, compondo importantes estudos da teoria da história da arquitetura e do urbanismo.*

*Palavras-chave: arquitetura; barroco; urbanismo; obras; praças.*

## 1. INTRODUÇÃO

A cidade Barroca era entendida como um espaço político, centro poderoso de decisão e de grande importância estratégica, a cidade medievo-renascentista do século XVI sofreu intervenções que permitiram a abertura de ruas e praças, edificadas dentro dos princípios da simetria e da proporção (ZIMERMANN, 2016). De acordo com Zimermann (2016), todos os elementos do Renascimento reaparecem no Barroco, porém elevados ao grau máximo de representação. Para Dias (2016), a reflexão sobre a arquitetura e o urbanismo da Roma barroca leva a reconstrução de um ideal religioso e político, mantido e entendido pelo alto clero, mas também a um imaginário sobre o poder construído pelo discurso religioso. O ‘‘contexto” da igreja era quem determina o desenvolvimento dos estilos de vida em sociedade e isso inclui: a religião, a arte, a arquitetura, a moda entre outras variáveis que integram a construção de uma comunidade. O texto de Dias (2016), a seguir, reflete a ênfase e o poder do clero sobre a sociedade e a arquitetura.

> ‘‘... a igreja tomava conta da encomenda de projetos e sua execução. As igrejas se tornaram o lugar apropriado para observar a sociabilidade e a arte (arquitetura e escultura) já que, a divisão interna dos templos representava a própria divisão da sociedade. Esse período em Roma deve seu aspecto barroco aos papas do século XVI e XVII” (DIAS, 2016, p. 105)

Para Dias (2016), o trabalho dos arquitetos barrocos para a arquitetura mundial foi dar uma nova contribuição para as perspectivas de ruas e praças da cidade. Assim, embelezando fontes, palácios, vilas, parques e outras construções importantes. E, para isso, formou-se uma mão-de-obra quase que especializada em atender essas necessidades. A partir daí Roma se tornou referência de arte, arquitetura e urbanismo no período Barroco.

Estabelecendo Roma como referência para a arquitetura e o urbanismo, este artigo tem como objetivo analisar importantes praças (Piazza del Papolo,Piazza Navona, Escadaria Piazza di Spagna) desenvolvidas no período Barroco em Roma.

## 2. MÉTODO

Segundo Gil (2008), a metodologia do artigo é de caráter descritivo, desenvolvida por meio da revisão bibliográfica, mediante leitura sistemática, ressaltando os pontos de interesse do objeto de estudo – Espaços Urbanos na Roma Barroca. Este artigo classifica-se, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa básica, que tem por objetivo gerar conhecimentos as obras urbanas do período barroco em Roma.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

### 3.1 A cidade Barroca

A cidade barroca, no final do século XVI, era vista sobretudo como um espaço político, centro poderosos de decisão e de grande importância estratégica. Seu traçado predominantemente medieval sofreu intervenções segundo as teorias renascentistas, que permitiram a abertura de vias e praças, edificadas dentro dos princípios da simetria e da proporção (FRITSCH,2016).

Segundo Fritsch (2016), os ideais estéticos da renascença defenderam o alargamento de ruas, as quais deveriam confluir para construções monumentais, agora destacadas em praças ajardinadas, repletas de fontes esculturais, estátuas, obeliscos e colunatas, sendo concebida como artefato humano, a cidade deveria ser a mais geométrica possível e seu crescimento ditado pela harmonia e razão.

A cidade tornou-se um espetáculo para os olhos, emocionante e dinâmica que utilizava um repertório mais rico que o renascentista, pois neste período, a arte dos jardins resumia-se a apropriação pela cidade com espaços verdes naturais, que eram cercados, a partir do Barroco, os jardins expandiram-se em amplas praças com desenhos geométricos e escalonados em diversos planos (FRITSCH, 2016).

#### 3.1.1 A urbanística Barroca

O Barroco que se expandiu do século XVII a meados do XVIII, promoveu um prolongamento em escala do Renascentismo e, embora negasse suas normas rígidas e proporções imutáveis, manteve a perspectiva como elemento primordial na concepção espacial e da valorização das vias e monumentos (KOSTOF, 1991).

Para Zimermman (2016), o elemento mais proeminente das intervenções em Roma, e em outras cidades barrocas, foi a rua. A partir de extensas avenidas que uniram basílicas e desconfiguraram a antiga organização medieval da cidade. As configurações do espaço urbano barroco foram definidas por uma urbanística cujos planos tiveram como iniciativa a ação de papas que pretendiam reordenar o sistema viário de Roma. Tal política alcançou a Europa Ocidental a partir da Itália, e serviu de base para as iniciativas de remodelação de diversos núcleos urbanos europeus, essa atitude, advinda inicialmente por parte do Papa Sisto V e de seu arquiteto Domenico Fontana.

Fontana foi o responsável por um dos princípios básicos do barroco, a criação de um espaço que conciliasse o exercício espiritual e a devoção, relacionado aos caminhos que se dirigiam de maneira suntuosa as basílicas. Nessa urbanística, a "cidade capital" que se inicia a partir do Renascimento, traz o centro de poder a um núcleo urbano específico, e tem estreita associação de suas vias com as cedes de poder político e religioso, aonde tudo se relacionava. Portanto, as antigas basílicas foram articuladas entre si através de novos traçados de ruas e avenidas, nesse sentido, todas as basílicas antigas se tornaram objeto de devoção, diante das necessidades da Contrarreforma Católica, e meta de peregrinação. Em uma cidade santa, a função devocional é dominante, assim como em uma cidade industrial é a produção que faz esse papel (ZIMMERMAN, 2016).

A prática da renovação das antigas cidades a partir de uma "restauração" e de sua transformação em "cidades capitais" foi símbolo do barroco: as cidades novas totalmente planificadas segundo regras específicas, ou as antigas remodeladas no mesmo sentido. A recriação do espaço urbano pretendia transfigurar a cidade preexistente em um cenário persuasivo e teatral, esta ação partia tanto da urbanística quanto da arquitetura, de maneira correlacionada. Para isso, os espaços urbanos apresentariam frequentemente um atributo comum: a monumentalização do ambiente urbano para representar a magnitude das estruturas de poder (ZIMMERMAN, 2016).

Segundo Mumford (1998), neste período conviveram ao mesmo tempo na arte, uma faceta sensual e anticlássica que se expressava por meio de pintura e escultura, e de outro lado, uma faceta matemática e abstrata, a perfeição nos seus

rigorosos planos de ruas, nos seus traços urbanos formais e nos seus desenhos geometricamente ordenados de jardins e paisagens" (ALBUQUERQUE, 2017).

### 3.1.2 Elementos do urbanismo Barroco Romano

A partir do momento que se tornou necessário repensar as configurações da cidade Romana, surgiram elementos que caracterizaram o estilo Barroco Romano. Este, não se limitou a reavaliar novas tendências dos antigos padrões, como o Renascentismo, por exemplo, mas criou uma nova concepção espacial. Em concordância à isto, Bruno Zevi (2009) definiu o barroco como "libertação espacial, libertação mental das regras dos tratadistas, das convenções, da geometria elementar e da estática. É a libertação da simetria e da antítese entre o espaço interior e o espaço exterior". São exemplos disso os elementos descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Os elementos do urbanismo Barroco Romano

| Elemento | Descrição |
|---|---|
| Traçado | Traçado de bases renascentistas, guiados pela perspectiva, mas dotados de maior liberdade, movimento e escala (em composição, mas não em detalhes); |
| Caráter | Caráter monumental expresso pela busca de grandiosidade e pela criação de verdadeiras "cidade cenário", o que foi obtido por meio de rasgamento e alargamento de vias, assim como a criação de amplos espaços públicos |
| Desenho Urbano | Desenho urbano realizado com base na composição arquitetônica (simetria, ritmo, dinâmica de massas compactas e aspecto imponente sólido das obras), além da artificialidade dos jardins |
| Paisagem Urbana | Paisagem concebida como "construção humana", adquirindo um espírito mais arquitetônico artificial e cênico. Proliferam eixos, ruas e avenidas radiais, composições geométricas e a retificação de canais, fontes e espelhos d'água. |
| Arquitetura Urbana | Arquitetura urbana exuberante e retórica, de escala monumental composta por igrejas, palácios, monumentos para os quais convergiam alamedas arborizadas e consistiam nos principais temas estéticos. |

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Zimerman, (2016).

Segundo Mumford (1982), as praças abertas da idade média possuíam configuração irregular, em forma triangular, linear, oval, dentada "aparentemente de forma arbitrária, porque as necessidades das edificações próximas tinham primazia e determinavam a disposição do espaço aberto". Já no Barroco, em oposição à tendência Renascentista de incluir as edificações do entorno das intervenções, as praças abrem-se espacialmente para cidade. Sucintamente, podemos perceber que o caráter marcadamente funcional da praça, que gera o espaço comunitário e por que não, a percepção da cidadania, foi evoluindo até o presente, alterando sua morfologia, seu papel na malha e na paisagem urbana, e sua concepção, produto das diferentes posturas do urbanismo (GALENDER, 1992).

### 3.2 Principais praças do período Barroco em Roma

Roma se tornou tendência e referencia arquitetônica no século XVI, com artistas importantes que caracterizaram esse período, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Descrição das obras arquitetônicas do Período Barroco Romano

| Nome da obra Arquitetônica | Local | Ano da Construção | Responsável pelo projeto |
|---|---|---|---|
| Piazza Navona | Roma/Itália | 1651 | Gian Lorenzo Bernini |
| Piazza Del Popolo | Roma/Itália | 1811-1822 | Giuseppe Valadier |
| Escada Piazza del Spagna | Roma/Itália | 1627 | Alessandro Specchi e Francesco De Sanctis |

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Venticinque, (2015).

A Piazza Navona (Figura 1) segundo Albuquerque (2018), ". A piazza tem forma de ferradura alongada, pois os atuais edifícios se erguem sobre as antigas arquibancadas do estádio, sendo possível visitar o subsolo da praça através de um museu subterrâneo dedicado às relíquias da Roma Antiga, entre os antigos alicerces." Esse formato representa o modo de projetar da época e fica explicito que todas as obras, por mais 'perfeitas' que sejam, com o passar dos anos, sofrem transformações seguindo o desenvolvimento das cidades. Predominantemente barroca, é ornamentada com a Fontana dei Quattro Fiumi (Fonte dos Quatro Rios), esculpida por Gian Lorenzo Bernini, entre 1648 e 1651. Acima da fonte está o Obelisco Agonalis. Ela representa os quatro principais continentes do mundo cortados por seus principais rios: Rio Nilo,

Rio Ganges, Rio da Prata, Rio Danúbio. De frente à fonte, está a bela Igreja de Santa Inês, projetada por Francesco Borromini, um dos importantes arquitetos da época.

A matéria "Piazza del Popolo, o espetáculo dos séculos" elaborada pela AirFrance em 2017, é possível visualizar que no Piazza del Popolo (Figura 2) há um orientalismo. Sob o olhar impassível dos quatro leões egípcios, admire o majestoso obelisco, trazido de Heliópolis por um Augusto conquistador. No extremo sul da praça é possível admirar a perfeita simetria barroca de Santa Maria dos Milagres e Santa Maria do Monte Santo.

A Escadaria Piazza di Spagna (Figura 3) foi uma ideia de unir a Igreja da Trinità dei Monti à Piazza di Spagna, em 1570. "Durante todo o século XVII, houve várias propostas, uma de Bernini. Mas, somente em 1717 o projeto foi iniciado, e o resultado foi um dos maiores exemplos do planejamento urbano do Barroco tardio em Roma: uma escadaria sinuosa com 137 degraus, com dois grandes terraços e sucessivas expansões e contrações da escadaria, que se estreita à medida em que se aproxima de um terraço, alargando-se em seguida"(ARQUITETURA BARROCA NA ITÁLIA: DETALHAMENTO DA ORIGEM E CONSOLIDAÇÃO, p.34, 2018).

Figura 1 – Piazza Navona
Fonte: Rzym, 2013

Figura 2 – Piazza Del Popolo
Fonte: Meika, 2017

Figura 3 – Escada Piazza di Spagna
Fonte: Fernandes, 2014

A Piazza Navona (Figura 1 e 4) é considerada uma das mais belas praças barrocas do mundo e está localizada sobre as ruínas do estádio de Domiciano. Inicialmente o espaço chamava-se "Circo Agonístico" – do grego agonia, ou seja, exercício, luta, combate – e, atualmente, Navona, que significa, em italiano, grande navio. A Navona tornou-se praça somente no final do século XV, quando o mercado de Roma foi transferido do Capitólio para suas dependências. Pela vontade do Papa Inocêncio X foi remodelada para o formato monumental, sofrendo intervenções de Bernini (Fontana de Quattro Fiumi), Borromini e Girolamo Gainaldi (Chiesa Sant'Agnese in Agone) e de Pietro de Cortona (que pintou a galeria no Palácio Pamphili), tornando-se motivo de orgulho para os romanos no período barroco, Figura 5. Atualmente na praça se encontram construções e esculturas de beleza arquitetônica e importância histórica (SAWAKI, 2012).

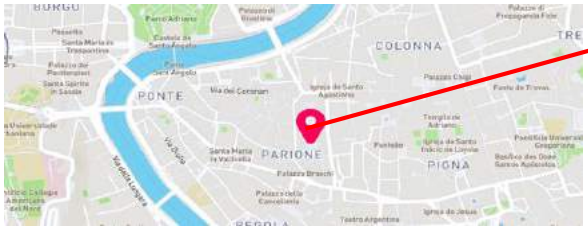



Figura 4 – Localização Piazza Navonna
Fonte: Open Street Maps, 2018.

Figura 5 – Localização Fontana del Nettuno e Fontana Del Moro na Piazza Navonna
Fonte: Open Street Map, 2018.

A Piazza Del Papolo (Figura 2 e 5) está localizada no começo da Via Flamínia e constituía a entrada à cidade nos tempos do Império. Atualmente continua sendo um importante cruzamento de caminho. Olhando em direção sul, saem da praça três importantes ruas; à esquerda a Via del Babuino, à direita a Via di Ripetta e no centro a Via del Corso, uma das principais artérias comerciais da cidade (PIAZZA DEL POPOLO, 2014), como ilustra a Figura 6:

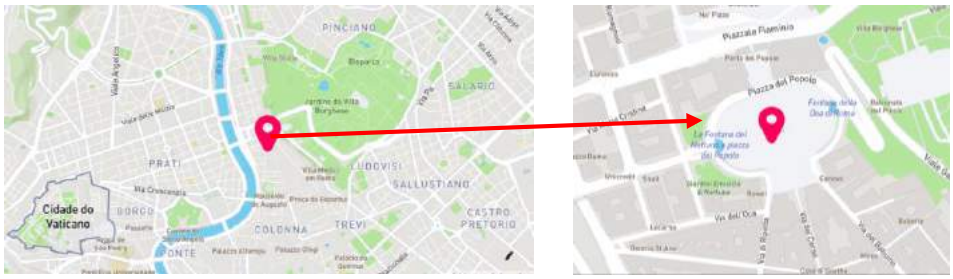



Figura 6 - Localização Piazza Del Papolo.
Fonte: OpenStreetMap, 2018.

A Escada Piazza di Spagna (Figura 3 e 7) é uma das praças mais conhecidas de Roma, seu nome foi dado devido à localização da embaixada espanhola ante a Santa Sé em tal praça desde o início do século XVII (PIAZZA DI SPAGNA, 2014).

A Piazza di Spagna está situada em uma das melhores regiões de Roma: a Via dei Condotti,a Via Frattina e a Via del Babuino (com vários palácios dos séculos XVII e XVIII) são algumas das ruas mais destacadas da cidade. As escadas da praça, construídas a princípio do século XVIII para conectar a praça com a Igreja de Trinità dei Monti, são uma das áreas mais especiais da praça (PIAZZA DI SPAGNA, 2014).

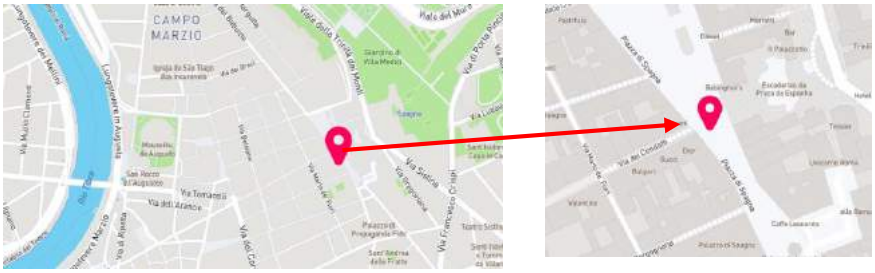



Figura 7 – Piazza di Spagna
Fonte: OpenStreetMap, 2018.

Dentro dos espaços públicos, o mais notório e estudado com ênfase neste artigo é a praça, esta que segundo Galender (1992) por ser caraterizada fisicamente como uma manifestação espacial, assumindo diversas formas de expressão, porém sempre produto de uma necessidade funcional mais ou menos evidente, de caráter civil, militar ou religioso.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espaço urbano da Roma barroca surgiu com o incentivo da igreja e do clero no século XVI. Os aspectos arquitetônicos e urbanos presentes nesse período reforçam à importância da organização dos espaços da cidade para obter funcionalidade urbana e da vida em cidades. A partir disso, foi possível formular setores pela distinção de suas funções como, espaços comerciais, industriais e residenciais.

Essas características se tornaram tendência arquitetônica, construtiva e artística, fazendo com que Roma seja considerada o centro de referência para grandes artistas em todo o mundo. O movimento barroco se expandiu para outros países ao redor do mundo, sendo considerado referência durante o século XVI e, no contexto atual, seu desenvolvimento compõem os estudos importantes da teoria da história da arquitetura e do urbanismo.

Sobretudo, também foi de grande importância evidenciar os espaços públicos nas cidades, admitir que a essência do espaço público está na forma em como este é usado, este uso não se faz apenas em função das dimensões objetivas dos indivíduos, como idade, gênero, classe social, estilo de vida, etc., mas cada vez mais incorporam outros aspectos mais importantes como as aspirações, os valores, a dimensão simbólica, que por sua vez, passam imagem de qualidade e conforto para as cidades.

## 5. REFERÊNCIAS

Albuquerque, Marcelo. 2018. *Estádio de Domiciano e a Piazza Navona*. 15 de maio de 2018. <https://historiaartearquitetura.com/2018/05/13/estadio-de-domiciano-e-a-piazza-navona/#more-4850>.

Argan, Giulio C.2004. *Imagem e persuasão: ensaios sobre o barroco.* São Paulo: Companhia das Letras.

*Arquitetura Barroca na Itália: Detalhamento da origem e consolidação.* 2018. 16 de maio de 2018. <https://arquiteturaeurbanismosite.files.wordpress.com/2016/02/11_arquitetura-barroca-na-itc3a1lia.pdf**>.**

*Cidade Barroca*, 2010. 30 de abri de 2018. <http://www.istoecidade.weebly.com/uploads/3/0/2/0/3020261/ta447_apostila_parte_2.pdf>.

Galander, Fany. 1992 *Considerações sobre a conceituação dos espaços públicos urbanos*. 09 de setembro de 2018. < file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/133743-Texto%20do%20artigo-256983-1-10-20170619.pdf >.

Gil, Antônio C. 2008. *Métodos e técnicas de pesquisa social.* São Paulo: Atlas. 6ª edição.

Meika, Ingrid. 2017. *Piazza del Popolo, suas curiosidades e atrações.* 16 de maio de 2018. <http://emroma.com/piazza-del-popolo/>.

Mumford, Lewis.1982. *A cidade na história: suas origens, transformações e perspectivas*. São Paulo: Martins Fontes.

*Piazza Del Popolo, O Espetáculo dos séculos.* 2017. 16 de maio de 2018. <https://www.airfrance.com.br/BR/pt/common/travel-guide/piazza-del-popolo-o-espetaculo-dos-seculos.htm>.

*Piazza Del Popolo*, 2014. 15 de maio de 2018. < https://www.tudosobreroma.com/piazza-popolo>.

*Piazza Di Spagna*, 2014. 15 de maio de 2018. < https://www.tudosobreroma.com/piazza-dispagna>.

*Praça Navona*, 2014. 15 de maio de 2018. <https://www.tudosobreroma.com/praca-navona>.

Sawaki, Julia. 2012. *Piazza Navona - Roma, dos gladiadores aos artistas de rua*. 16 de maio de 2018. <http://melevadeleve.com/piazza-navona-roma>.

Venticinque, Ana. 2015. *Caminhando por Roma*. 15 de maio de 2018. <https://www.voupraroma.com/ caminhando-por-roma/>.

Zevi, Bruno. 2009. *Saper vedere l'architettura*, p. 86. Turim: Einaudi.

Zimmermann, Ana Paula de O. 2016. *Teoria, História e Crítica da Arquitetura e do Urbanismo II – TH 2.* 01 de maio de 2018. <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17497/material/aula02%20-%20cidades%20Barroca.pdf>.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI

# Arquitetura e Urbanismo: Urbanismo: Inserção Urbana e Infraestrutura Urbana

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO SOBRE O USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NO CONTEXTO URBANO

**Alessandro Emilio Valmorbida**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
alessandroev@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Com o processo de desenvolvimento urbano cada vez mais crescente e acelerado, onde a mobilidade de pedestres e veículos tornam-se fatores fundamentais no contexto das cidades, surge a necessidade da execução de pisos e pavimentos que proporcionem conforto e segurança para os usuários. Paralelo a isso nascem problemas de impermeabilização, os quais acabam gerando e impedindo a infiltração das águas pluviais no solo, causando com isso as inundações nas cidades. Neste sentido, este estudo tem como propósito descrever uma revisão sobre aspectos históricos e técnicos relacionados ao uso de pavimentos permeáveis asfálticos e de concreto, os quais são alternativas que contribuem significativamente como uma solução viável para amenizar e até mesmo resolver estas questões da impermeabilidade presente no solo do contexto urbano.*

***Palavras Chave:*** *Pavimento Permeável, Permeabilidade, Concreto Permeável.*

## 1. INTRODUÇÃO

Neste artigo, busca-se descrever aspectos relacionados ao uso de pavimentos permeáveis quer seja com produtos asfálticos ou com o uso do concreto permeável, sendo estas soluções para as questões de impermeabilidade provocadas no solo em função do processo da urbanização e que podem ser tipos de pavimentos que com aplicação em estacionamentos, praças, ciclovias, calçadas entre outros.

Dentro deste contexto da urbanização e do planejamento urbano, onde o desenho das cidades foi se moldando pelo uso cada vez mais massivo de veículos automotores, faz surgir a necessidade de formas de acesso para atender as necessidades dos pedestres e dos veículos, como principal meio de atendimento a mobilidade urbana.

Com o surgimento deste modal e com o acelerado processo da urbanização, se fez necessário a execução dos revestimentos para os pavimentos, como forma de proporcionar uma maior facilitar, conforto e segurança nos deslocamentos.

Segundo Silveira (2002), a urbanização traz como consequência o problema da impermeabilização do solo, impedindo que as águas pluviais infiltrem, gerando assim mais água para a drenagem e como ocorrência disto faz com que a rede pluvial acelere os escoamentos, gerando um aumento no acúmulo de água principalmente em pontos de saturação, ou seja, acaba gerando as inundações.

Em função de não haver permeabilidade no solo urbano, as inundações cada vez mais têm feito parte das calamidades as quais a população, principalmente a brasileira tem vivenciado, conforme cita Tucci *et. al.* (2000), e isto resulta da ocupação inadequada dos leitos dos rios e/ou urbanização das cidades.

Batezini (2013) por sua vez, comenta que um dos principais impactos que o desenvolvimento urbano acelerado provoca nos processos hidrológicos está ligado ao crescimento da quantidade de áreas com superfícies impermeáveis, aumentando em grande escala a probabilidade de ocorrência de picos de cheias, que por sua vez provoca um agravamento em relação às enchentes e inundações das cidades. Cita ainda que estas ocorrências são consequências da explosão demográfica aliada à falta de planejamento de uso e ocupação do solo urbano.

Neste contexto, surge a necessidade de alternativas que possam contribuir significativamente e sustentavelmente para amenizar estas questões relacionadas as inundações. Dentre estas alternativas, surge o uso de pavimentos permeáveis ou porosos como técnicas compensatórias para o amortecimento de cheias, além de contribuir na diminuição do escoamento das águas pluviais, que pelas suas características favorecem a infiltração da água no solo, como pode ser visualizado como exemplo na figura 1.

Figura 1. Exemplo de pavimento permeável que permite a infiltração da água apresentado pela HIGH T3CH

## 2. HISTÓRICO DO USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS ASFÁLTICOS

Conforme conceitua a LNEC (1962), "o pavimento é a parte da estrada, rua ou pista, que suporta diretamente o tráfego e transmite as respetivas solicitações à infraestrutura: terreno, obras de arte, etc. Pode ser constituído por uma ou mais camadas, tendo no caso mais geral, uma camada de desgaste e camadas de fundação. Cada uma destas camadas pode ser composta e construída por várias camadas elementares."

Em relação a pavimentos, Virgiliis (2009) cita que o país pioneiro na aplicação de pavimentos com estrutura porosa no final da década de 40, foi a França, pois como os ligantes asfálticos não eram bem estudados até então, constatava-se que a estrutura rompia-se pela baixa adesividade do ligante-agregado, não conferindo capacidade de carregamento ao revestimento poroso.

Azzout *et. al.*, (1994), somente no início dos anos 70, países como a própria França, Suécia, Estados Unidos e Japão voltaram a se interessar pelo método e aplicá-lo em pequena escala.

Ainda segundo Virgiliis (2009), nos Estados Unidos, um marco no uso de pavimento asfáltico permeável como redutor dos impactos ambientais foi a pesquisa realizada no início da década de 70 por Edmund Thelem e engenheiros do Instituto Franklin na Philadelphia, com o apoio da U.S. Enviromental Protection Agency (EPA), utilizando o concreto asfáltico poroso para o controle de cheias em 1968.

Field *et. al.*, (1982), cita que alguns anos mais tarde criaram manuais práticos de projeto e construção de concreto asfáltico permeável.

Já no ano de 2002, Pratt *et. al.* (2002), destaca que foi publicado o primeiro livro que tinha como proposta ser dedicado aos pavimentos permeáveis, e que se destina a engenheiros, arquitetos paisagistas, autoridades locais, arquitetos, entidades de estradas, prestadores de serviços de saneamento, entre outros, trazendo informação sobre os principais pontos a serem considerados na execução de pavimentos permeáveis.

Na figura 2, pode ser visualizado no fluxo de uma forma resumida este breve histórico.

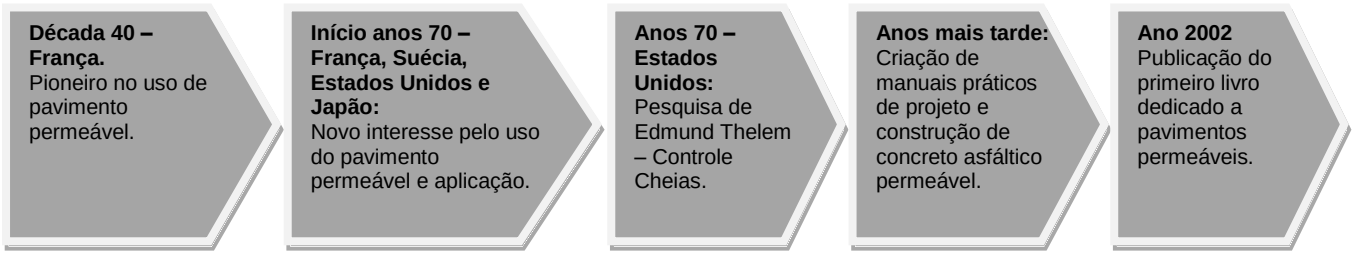



Figura 2. Resumo sobre histórico de uso de pavimentos permeáveis.

## 3. HISTÓRICO DO USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS DE CONCRETO

Em se tratando do uso do concreto permeável, Li (2009), cita que seu início se deu há mais de 150 anos, embora a sua real aplicação para as mais diversas finalidades somente veio a apresentar grande avanço há pouco mais de 20 anos, principalmente nos EUA.

As pesquisas sobre o comportamento mecânico e hidráulico desse tipo de material se tornaram atrativas recentemente, uma vez que o concreto permeável pode apresentar bom desempenho e durabilidade quando utilizado como revestimento de pavimentos em áreas de veículos leves, o que, aliado a sua capacidade drenante, permite o seu emprego como equipamento urbano de mitigação dos níveis de impermeabilização, intensificados pela urbanização das cidades, (BATEZINI, 2013).

### 3.1 Características do concreto permeável

Ferguson (2005), comenta que em relação ao tipo de concreto denominado de concreto poroso, que também é conhecido como concreto permeável ou porous concrete (POC), é um tipo especial de concreto que pode ser destinado, principalmente para pavimentação, bastante utilizado nos Estados Unidos e Europa, e é composto por cimento Portland, materiais de graduação aberta, agregado graúdo, pouco ou nenhum fino, aditivos e água.

Segundo a American Concrete Institute (ACI 522, 2010), traz uma definição do concreto poroso, como sendo uma estrutura que possui vazios interconectados entre si que permitem que a água passe através da superfície. É considerado um material de construção sustentável, uma vez que reduz o escoamento das águas pluviais, melhora a qualidade da água de recarga do lençol freático e pode reduzir o impacto da urbanização.

Segundo Kim, *et. al.*, (2010), uma outra utilização para o concreto poroso é ser utilizado em barreiras de som, para reduzir o barulho das rodovias por reflexão acústica. Além disso, também pode ser utilizado como dispositivo de drenagem em muros de arrimo (OSPINA *et. al.*, 2007).

Existem três tipos de concretos permeáveis que podem ser caracterizados pelo nível de resistência e drenabilidade. Sendo o primeiro, conhecido como concreto permeável hidráulico, que é um material com baixa resistência mecânica e elevada permeabilidade, utilizado para aplicações não estruturais. Já o concreto permeável normal possui resistência e permeabilidade intermediárias, e pode ser utilizado para estacionamentos e calçadas, sendo representado por uma mistura sem adição de agregado miúdo. E por fim, existe o concreto permeável estrutural, que possui elevada resistência mecânica e baixa permeabilidade, sendo caracterizado pela adição de materiais de granulometria reduzida na mistura. Este tipo pode ser utilizado em estacionamentos, ruas e avenidas que possuam trafego de veículos pesados (DELLATE *et. al.*, apud BATEZINI 2006).

A principal diferença encontrada entre o concreto permeável e o convencional é o índice de vazios, uma vez que, no permeável, esse índice é muito elevado. Isso acontece devido a sua composição, que é feita basicamente de agregado graúdo e cimento, sendo o agregado em sua maioria e de mesma granulometria (SALDANHA *et. al.*, 2016).

Para Pereira e Barbosa (2015), o termo concreto permeável é usado para designar os concretos com altos índices de vazios interligados entre si, que permitem a passagem dos fluídos, resultando em uma elevada permeabilidade, conforme pode ser verificado na figura 3, uma amostra de concreto permeável, onde se percebe estes índices de vazios que o material apresenta.

Figura 3. Amostra de Concreto permeável apresentado pela Vitrine Tecnológica da UFRGS

## 4. CARACTERÍSTICAS DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Segundo Thelen *et. al.* (1978), os pavimentos permeáveis podem ser de dois tipos: os de armazenamento e os de infiltração, conforme pode ser visualizado como exemplo na figura 4. A diferença entre estes dois tipos de pavimentos permeáveis está na sua execução. Os pavimentos de infiltração podem ter ou não na sua constituição um geotêxtil que permite a infiltração direta das águas para a camada seguinte e o de armazenamento contém uma geomembrana que ajuda a camada de sub-base no armazenamento das águas.

Outra informação importante citada por Thelen *et. al.* (1978), é que deve ser considerado no dimensionamento a quantidade de escoamento existente na área a construir e o escoamento suposto após a construção.

Carvalho (2015), destaca que um pavimento permeável é formado por várias camadas e o que as diferencia são suas funções que estas desempenham. Ainda cita que a determinação da espessura destas diferentes camadas constituintes dos pavimentos permeáveis é determinada pela porosidade dos materiais que a constituem e que os materiais devem favorecer a passagem de água assim como do seu correto armazenamento.

Os pavimentos permeáveis são compostos basicamente por duas camadas: camada de desgate que é o revestimento e de base e sub-base, conforme pode ser visualizado na figura 4 e na figura 5 de forma ilustrativa o processo da infiltração e escoamento da água. Na camada de desgate inúmeras soluções podem ser adotadas para a aplicação, podendo ser de betão betuminoso drenante, betão (concreto) poroso, blocos vazados, blocos de betão e blocos de calçada. E a camada base e sub-base normalmente constituida por agregados (CARVALHO, 2015).

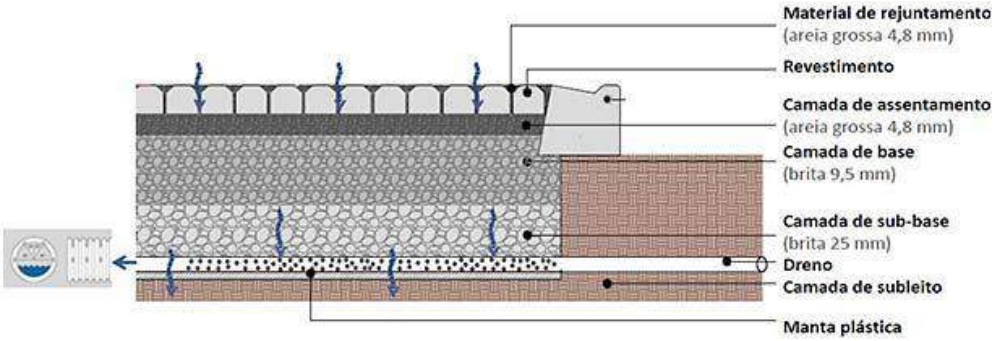



Figura 4. Exemplo da estrutura do tipo de pavimento de armazenamento e infiltração pela TEM Sustentável.

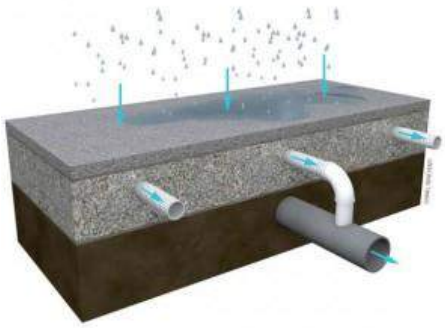


Figura 5. Forma ilustrativa da infiltração e escoamento da água apresentado pela Render Blog

## 5. CONCLUSÕES

As conclusões obtidas com este estudo, demonstram a importância de encontrar soluções para resolver os problemas relacionados a impermeabilidade presente no contexto urbano dos solos em função da execução de pisos e pavimentos que são necessários para a circulação de pedestres e veículos.

Neste sentido, o uso de pavimentos permeáveis torna-se uma alternativa interessante e eficaz e que pode contribuir com a sociedade como um todo, agregando valor por proporcionar uma solução sustentável nos meios urbanos para um melhor escoamento e infiltração das águas pluviais.

Assim sendo, a realização de um maior aprofundamento nos estudos destes tipos de pavimentos, torna-se fundamental, em especial aos pavimentos de concreto permeável por se tratar de um produto relativamente novo.

Paralelo a isso, percebe-se que uma boa alternativa a ser estudada seria a busca de soluções sustentáveis, como por exemplo a inclusão em usa composição de outros tipos de agregados, como é o caso do uso de resíduos que são originados principalmente na indústria.

Um exemplo disto, poderia ser a adição da borracha reciclada, sendo que em função de suas características físicas e mecânicas, podem vir a contribuir principalmente na resistência de tração na flexão e assim proporcionar um melhor desempenho para os pavimentos, quer seja no uso em estacionamentos ou pavimentos para veículos leves.

## 6. REFERÊNCIAS

American Concrete Institute. Committee 522, Pervious Concrete, 522R-06, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 25p., 2006.

American Concrete Institute. Committee 522, Pervious Concrete, 522R-10, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 38p., 2010.

Azzout, Y., Barraud, S., Cres, F.N., Alfakih, E.; Techniques Alternatives em Assainissement Pluvial, Paris: Technique et Documentation 1994- Lavoisier, 372 p.

Batezini, R., Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. 2013. Dissertação (mestrado em engenharia de transportes) – EPUSP, São Paulo, 2013, pp. 133.

Carvalho. C.F.G. Estudo de pavimentos permeáveis em zonas urbanas, avaliação da sua eficiência na redução do escoamento superficial. Universidade da Beira Interior. Covilhã. Portugal. 2015. 103p. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil 2015.

Dellate, N; Cleary, J. Developing a Structural Design Method for Pervious Concrete Pavement. Disponivel em: http://www.nssga.org/aftre/Symposium/2006-06.pdf. Acesso em:05 Set 2018.Acesso: 11 Nov. 2011

Ferguson, B. K. Porous Pavements – Integrative Studies In Water Management and Land Development, Taylor & Francis Group CRC Press, 577p., 2005.

Field, R., Masters, H., Singer, M. Porous Pavement: Research, Development, and Demonstration. Transportation Engineering Journal 108, (1982), 244-258.

HIGH T3CH. This Concrete/Asphalt Absorbs Water Like Magic. Disponível em: http://hight3ch.com/this-concreteasphalt-absorbs-water-like-magic/. Acesso em: 12 mai. 2018.

Kim, H.K., Lee, H.K. Influence of cement flow and aggregate type on the mechanical and acoustic characteristics of porous concrete. Elsevier Journal. Applied Acoustics, 2010.

Li, J. Mix Design of Pervious Recycled Concrete. GeoHunan International Conference – Material Design, Construction, Maintenance, and Testinf of Pavements. V. 195, n. 15, p. 103–108, Ago. 2009.

Lnec, (1962). Vocabulário de estradas e aeródromo-Especificação E1,Lisboa,1962.

Ospina, C. M. M.; Erazo, C. H. B. Resistencia mecánica y condiciones de obra del concreto poroso en los pavimentos según El tipo de granulometría. Medellín, 2007.

Pratt, C.J., Wilson S.; Cooper, P. (2002). Source control using constructed pervious surfaces. Hydraulic, structural and water quality performance issues. London: CIRIA; CIRIA C582.

Pereira, K. K.; Barbosa, M. P. Desenvolvimento de Composição de Concreto Permeável com Agregados Oriundos de Resíduos de Construção Civil da Região de Campinas. Campinas, SP, p.2-6. 2015. Anais do XX Encontro de Iniciação Científica. ISSN 1982-0178 - Anais do V Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. ISSN 2237-0420.

RENDER BLOG. Concreto Permeável. Disponivel em: http://blog.render.com.br/construcao/concreto-permeavel/. Acesso 24 Ago 2018.

Saldanha, G.S.; Nunes, V. S.; Borja, E.V. Estudo da viabilidade técnica da utilização de resíduo de pneu na composição de concreto permeável para pavimentação urbana. 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Águas de Lindoia, SP, p. 2. 2016.

Silveira, A.L. L. Apostila: Drenagem Urbana: aspectos de gestão. 1. Ed. Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq), 2002.

TEM SUSTENTÁVEL. Pavimentos permeáveis possibilitam captação de água. Disponivel em: http://www.temsustentavel.com.br/pavimentos-permeaveis-captacao-de-agua/. Acesso 23 ago 2018.

Thelen, E.; Howe Fielding L. (1978). Porous Pavement. Including the Principles of Development and a Porous Pavement Design Manual. Philadelphia - Pa : Franklin Institute Press.

Tucci, C. E. M.; Hespanhol, I.; Netto, O. M. C. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 5, n. 3, p. 31-43, 2000.

Virgiliis, A. L. C. Procedimentos de Projeto e Execucao de Pavimentos Permeaveis Visando Retencao e Amortecimento de Picos de Cheias. 2009. 191p. Dissertacao (Mestrado em Engenharia), Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, 2009.

VITRINE TECNOLÓGICA. As Tecnologias da UFRGS. Porto Alegre, 2016. Elementos de drenagem urbana utilizando concreto permeável. Disponível em: https://www.ufrgs.br/vitrinetecnologica/maquinas-e-equipamentos/elementos-de-drenagem-urbana-utilizando-concreto-permeavel/. Acesso em: 24 Jun 2018.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A QUADRA ABERTA COMO FERRAMENTA DE COMBATE AOS VAZIOS INTERSTICIAIS URBANOS

**Chaelin Dall' Agnol Fiorentin**
**Mateus Moreno Subtil dos Anjos de Souza**
Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, ERS 135 –KM 72, 200, Erechim-RS.
chaelin.fiorentin@uffs.edu.br, mateus.m2arq@hotmail.com

***Resumo*:** *As quadras da área central da cidade de Erechim –RS resultantes do plano urbano de 1914, apresentam hoje uma morfologia de ocupação que constitui consideráveis vazios em miolos de quadra e configuram corredores entre edificações, muitos destes sendo subutilizados. Neste sentido, este trabalho apresenta analises do potencial e formas de aplicação do conceito de "Quadra Aberta", a ser proposto nas quadras ao longo do eixo da Av. Maurício Cardoso, como alternativa para estes interstícios urbanos, abordados através da dinamização do uso e ocupação do solo, promovendo a abertura do quarteirão de forma a produzir costuras urbanas entre os miolos de quadra e os demais espaços públicos. Este artigo é baseado nas análises e pesquisas que embasaram a proposta de intervenção desenvolvida pelo Trabalho Final de Conclusão do curso de Arquitetura e Urbanismo, intitulado "Quadra Aberta: rede de espaços públicos", defendido no ano de 2017, na Universidade Federal da Fronteira Sul, campus de Erechim.*

***Palavras chave:*** *vazios urbanos, quadra aberta, centro, costura urbana.*

## 1. INTRODUÇÃO

A morfologia oriunda da ocupação dos lotes na área central de Erechim-RS, por edificações de diferentes períodos, gerou no interior das quadras vazios urbanos e interstícios configurados pelos fundos de lote, ao passo que os estilos arquitetônicos originaram corredores que entre as edificações adentram aos miolos destas quadras.

A constatação pela vivência como cidadãos e o acompanhamento das manifestações de caráter cultural na cidade, trouxe o olhar para estes espaços identificando-os como detentores de potencial para uma diversidade de apropriações de caráter público. Dentro deste contexto, surge como possibilidade trabalhar o conceito de "quadra aberta" onde o ideário reside em uma solução de combate à ociosidade dos vazios nos centros urbanos, possibilitando usos efetivos que fomentem a pequena economia local, permitindo a permeabilidade dos espaços e a diversidade de ações.

Para a efetiva proposição de alternativas, foi buscado o embasamento teórico junto a urbanistas referência em planejamento contemporâneo das cidades aliado a pesquisa empírica, sendo o intuito deste artigo com base nas análises de suporte ao Trabalho Final de Graduação intitulado "Quadra Aberta: rede de espaços públicos", apresentar alternativas de intervenção para área central de Erechim, propondo uma nova dinâmica urbana que venham a promover maior atratividade, vitalidade urbana e segurança na região.

## 2. ESTUDOS E POSSIBILIDADES DE IMPLANTAÇÃO DA QUADRA ABERTA

### 2.1 Apresentando o conceito de "quadra aberta"

Christian de Portzamparc (1997), estudou o conceito de quadra aberta como uma solução para a cidade contemporânea, onde o conceito promoveria uma mescla entre as cidades de diferentes épocas, conciliando as qualidades da rua-corredor da cidade medieval/ tradicional e dos edifícios autônomos da cidade moderna. Destaca o funcionamento da "quadra aberta" pela seguinte perspectiva:

> Os objetos continuam sempre autônomos, mas ligados entre eles por regras que impõem vazios e alinhamentos parciais. Formas individuais e formas coletivas coexistem. Uma arquitetura moderna, isto é, uma arquitetura relativamente livre de convenção, de volumetria, de modo natural, pode desabrochar sem ser contida por um exercício de fachada imposto entre duas fachadas contíguas. (Portzamparc, 1997)

A quadra aberta se configura como ferramenta de reforço a identidade de bairro, abrangendo uma diversidade de formas de ocupação e uso do solo dando ênfase a múltiplas morfologias arquitetônicas que compõem sua unidade, sendo a identidade o produto desta pluralidade social. Alexander (1977), expressa que "o caráter homogêneo e indistinto das cidades modernas coíbe uma variedade de estilos de vida e impede o desenvolvimento do caráter individual" daí a importância de fortalecer os processos que possibilitem à cidade abraçar sua diversidade.

Na cidade de São Paulo, podem ser encontrados alguns exemplares de "quadra aberta", são projetos de períodos que abarcam os anos de 1960, 1970, 1980 e 2000. Possuem diferenças em tipologias arquitetônicas e nível de investimento, porém é evidente o elemento urbano que os relaciona: a permeabilidade urbana, que possibilita a integração de edificações privadas com o espaço público que os envolve. Nestes projetos é possível constatar que a tipologia urbana "quadra aberta" não é exclusiva de determinados mecanismos econômicos ou princípios estéticos. Podemos destacar entre eles o Centro Comercial do Bom Retiro, inaugurado em 1960, de Lucjan Korngold. O arquiteto judeu polonês, projetou o empreendimento comercial para um grupo de investidores da comunidade hebraica, aproveitando o miolo de quadra, que pode ser acessado por dois lotes em ruas distintas. O arquiteto projetou uma edificação contínua que se encosta nos muros dos fundos dos lotes confrontantes, conformando uma clareira no centro, onde propôs uma torre com dez andares. Esta arquitetura é marcada pela simplicidade geométrica do modernismo europeu, que se amolda às restrições orçamentárias do empreendimento (Guerra, 2011).

## 2.2 A morfologia das quadras centrais de Erechim e suas possibilidades

Com a implantação do plano urbano de Carlos Torres Gonçalves na cidade de Erechim em 1914, surge um eixo de avenida principal estruturador e uma malha xadrez regular, em que mais tarde, em função da adequação ao relevo, fora sobreposto um traçado orgânico (Skovronski, 2008, apud Prestes, 2012). Parte deste eixo é composto pela Av. Maurício Cardoso, que se consolidou como referencial de centro histórico e comercial, onde ainda predominam as atividades expressivas da cidade e manifestações de caráter religioso, político, cultural e social. As quadras adjacentes à avenida apresentam tipologias arquitetônicas de valor histórico de diferentes períodos sendo: Ecléticas, Art Déco e Modernistas. Os sobrados Ecléticos foram as primeiras construções a valorizar seus térreos comercias, definindo o acesso às suas residências pela lateral do lote configurando assim corredores até o interior da quadra (Fufgelt, 2004). Estas tipologias se mesclaram seguindo o formado do lote original deixando consideráveis recuos no fundo dos lotes bem como a permanência dos corredores laterais. O desenvolvimento de atividades da economia local transformou estes corredores laterais em vias de acesso à pequenas oficinas, lojas de serviços como: alfaiates, sapateiros, chaveiros, entre outros. Analisando o histórico de adaptação destes corredores e miolos de quadra, se propõe a flexibilidade para outras formas de ocupação:

> Entrar na malha da cidade, em suas ruas, observando seu ritmo e seu desenvolvimento para imaginar um bairro novo, é procurar um método que, a partir dos ensinamentos dessa quadra, se abra ao aleatório, ao desconhecido do amanhã, e que possa apresentar uma perspectiva no espaço e no tempo. É preciso evitar o plano de massas que não permita a evolução. (Portzamperc, apud Guerra, 2011)

Jacobs (1961) complementa esta forma de trabalhar a quadra definindo condições geradoras de diversidade e vitalidade no espaço urbano sendo elas: os usos combinados, quadras de tamanho reduzido, combinação de tipologias nas formas mistas, alta densidade populacional e considerando a habitação como uso que gera a manutenção da vitalidade da área em que se insere. A "quadra aberta" reforça estes pontos ao passo que torna a cidade mais acessível e permeável. Partindo disto, com o diagnóstico dos principais quarteirões da Avenida Maurício Cardoso, constatou-se as dimensões de 120 metros de largura por 180 metros de comprimento, estas dimensões permitem fluidez e uma quantidade maior de nós entre as vias. Neste sentido, Jane Jacobs constatou a importância da minimização das distâncias:

> Quando se trata de usos principais discrepantes, as quadras longas impedem as misturas produtivas exatamente da mesma maneira. Elas automaticamente separam as pessoas por trajetos que raras vezes se cruzam de modo que usos diversos, geograficamente bem próximos de outros são literalmente bloqueados. (Jacobs, 1961)

Karla Funfgelt (2004) acrescenta a este grupo de relatos morfológicos, o fato de que o crescimento populacional e a expansão da malha urbana da cidade de Erechim no final do século XX, não considerou nos parcelamentos reservas de áreas públicas, situação que só fora regularizada com a Lei de parcelamento do solo - Lei Federal 6.766 de 1979, tornando o município carente de áreas para recreação.

A proposta de implantar a "quadra aberta" visa recuperar e qualificar vazios subutilizados ou interstícios urbanos permeando-os com espaço público. Como instrumento urbano legal que permite a sua execução, à exemplo do Land Readjustment difundido internacionalmente, (que institui um método de desenvolvimento urbano de execução compartilhada em que todos os proprietários contribuem para a realização do projeto, distribuindo de maneira

equilibrada os custos e benefícios do resultado), tem-se a Operação Urbana Consociada, prevista no Estatuto da Cidade lei n. 10.257/2001:

> As propriedades podem ser valorizadas em função das novas e otimizadas infraestruturas ou da melhoria em qualidade ambiental e acessibilidade. A absorção dos benefícios do desenvolvimento é feita por parte do poder público por meio da constituição de novas áreas públicas, e por parte da iniciativa privada, pela sobrevalorização urbana, ambiental e fundiária após a execução do projeto para acompanhar ou guiar a população local (Souza, 2009)

Também poderiam ser aplicados para estes fins, instrumentos como outorga onerosa do direito de construir além das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS). Estes instrumentos dependem do engajamento conjunto entre poder público e iniciativa privada para proporcionar melhorias no meio urbano, assim se apresentando como solução legal para viabilização de projetos urbanos nas cidades brasileiras (Brasil, 2001). Com estes levantamentos se reforça o potencial que estas quadras ao longo do eixo da Avenida Maurício Cardoso, dispõem para a implantação do modelo de "quadra aberta".

### 2.3 Estudos de intervenção

As analises que norteiam a proposta de intervenção partem do diagnóstico da situação atual, compreendendo os índices urbanísticos incidentes na área, suas relações sociais e sua atual configuração. Este estudo busca resgatar a identidade e caráter de vizinhança, promovendo as relações sociais e econômicas culturalmente estabelecidas no centro, instituindo a diversidade de usos ligados pelo espaço público que se constrói ao longo dos corredores entre edificações permeando o interior da quadra, e que promovem a conexão em diferentes pontos desta com as vias e elementos como canteiro central e praças da Av. Maurício Cardoso.

A Figura 1 ilustra a área de estudo, trazendo na primeira situação um levantamento dos edifícios de valor histórico e também as áreas de recreação públicas, aqui identificadas como os canteiros centrais da Av. Maurício Cardoso e suas praças, na cor amarela. Na segunda situação se ilustra o mapa de cheio e vazios onde é possível visualizar os espaços residuais no interior das quadras, gerados pelos estilos arquitetônicos e seu padrão de ocupação do lote, sendo as linhas pontilhadas os percursos de costura entre as quadras que os pedestres desenvolvem. Aqui fica evidenciada a mescla de tipologias arquitetônicas de diferentes períodos na quadra, possíveis também de identificar pela sua projeção sobre o lote, ao mesmo tempo em que se percebem os vazios de miolo de quadra e corredores entre edificações que expõem um sitio em potencial para aplicação da "quadra aberta".

Figura 1. Análise da área recorte de estudo apresentando edificações históricas e os vazios urbanos

Dentro desta área referida na Figura 1, fora eleita uma quadra para aproximação dos estudos, estando localizada em um nó na região central da cidade, marcada pelo eixo da Av. Maurício Cardoso e próxima à malha ferroviária, sendo parte integrante da região do marco zero da fundação da cidade. As Figuras 2 e 3 ilustram o conjunto de casarios de valor histórico: Eclético, Art Déco e Modernistas contidos na quadra e a forte presença dos corredores e serventias

demarcados com a linha vermelha, que constituem o percurso até o miolo de quadra composto pelos fundos vazios de lotes, possibilitado a conexão com as quatro vias circundantes. Trabalhar estes acessos ao miolo da quadra torna este um local onde uma série de atividades de caráter público, econômico e cultural ganham espaço para se desenvolver.

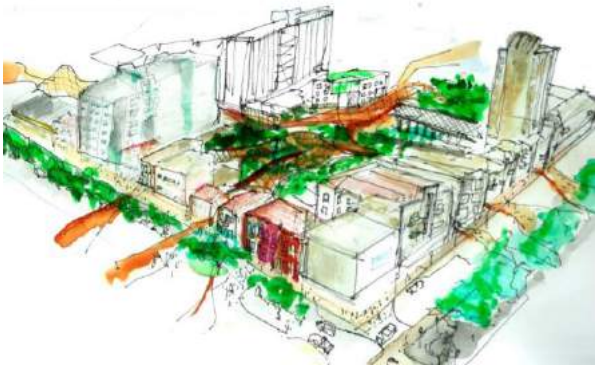


Figura 2. Ilustração da quadra em estudo apresentando os sobrados antigos, e os fluxos que convergem ao miolo da quadra

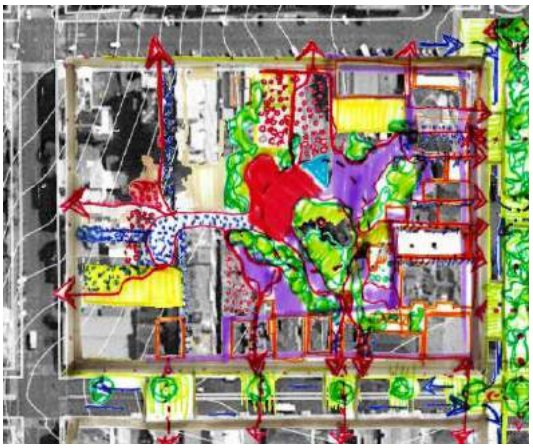


Figura 3. Estudo dos percursos através dos corredores entre edificações até o miolo da quadra

De acordo com o atual plano diretor os índices urbanísticos incidentes sobre a área, tendo como exemplo o gabarito de até 15 pavimentos, podem ocasionar problemas tanto na geração de alto fluxo de veículos, como nas questões de conforto: iluminação, sombreamento e ventilação das edificações da quadra e também da própria via. Este estudo traz como solução, índices de densidade mista que garantam a boa iluminação e ventilação dos miolos de quadra bem como a regulamentação das alturas de modo a propiciar a valorização das edificações históricas. Fig. 4.

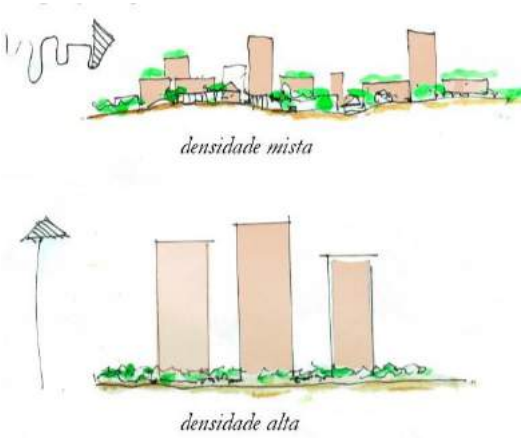



Figura 4. Ilustração do comportamento de uma quadra com a densidade mista proposta e a atual densidade alta prevista.

O Trabalho Final de Graduação-TFG resultante destas análises, apresenta estratégias para o efetivo funcionamento da “quadra aberta” propondo o uso de fachadas ativas que se voltem para os corredores entre as edificações e também aos miolos de quadra proporcionando assim, a instalação de comércio e serviços conforme apresentado na Fig. 5. Como elemento de conexão é promovida a extensão do desenho de piso do ladrilho hidráulico, introduzido nas calçadas centrais dos anos 1950, pelo urbanista Francisco Riopardense de Macedo, para o interior da quadra aberta. Também a pedra portuguesa presente nos canteiros centrais é estendida aos cruzamentos peatonais, propondo assim uma rede de fluxo continua que busca a valorização do acesso pelo pedestre. Os passeios que contornam a quadra foram estendidos, subtraindo a atual faixa de estacionamento, como forma de valorizar a permeabilidade visual e as entradas da quadra aberta, tornando o percurso mais convidativo à descoberta. No interior das quadras, o relevo pode ser trabalho com o auxílio de escadarias e rampas que geram um percurso entre as entradas e saídas do conjunto. Fig. 6.

Figura 5. Corredores com fachada ativa

Figura 6. Proposta de ocupação do miolo de quadra e conexões desenvolvida para o TFG.

Durante as pesquisas e processo de concepção do Trabalho Final de Graduação, foram sendo aplicados estes ideais de ocupação através de atividades diversas nos interstícios na quadra em estudo Fig. 7. Ali ocorreram movimentações culturais oriundas das ações de coletivos, como o Sobrado Jardim, que utilizou o espaço para feiras de economia criativa, festas temáticas, numa interface entre os corredores que se configuram entre a Rua Alemanha e o miolo da quadra. Destas ações o mesmo coletivo ampliou suas atividades organizando a já reconhecida “RUA Feira Cultural” evento de caráter econômico local e cultural que surgiu e permanece como agente promotor da ocupação dos espaços públicos da cidade. Fig. 8.

Figura 7. Corredor entre edificações históricas na Rua Alemanha

Figura 8. Atividades culturais e da economia criativa sendo desenvolvidas no corredor da Fig. 7

As atividades promovidas no corredor da quadra de estudo, que ocorreram em diferentes horários do dia e épocas do ano, se apresentam como forte indicador do potencial que estes interstícios urbanos têm como caráter público para fins de desenvolvimento de atividades econômicas e culturais.

## 3. CONCLUSÃO

As análises e diagnósticos aqui apresentados, que serviram de base para a proposta do Trabalho Final de Graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFFS, também relatado em sua versão mais genérica neste artigo, traz à luz o conceito de "quadra aberta" como uma possibilidade real a ser implantada em contextos de malha urbana já consolidada onde ainda existem expressivos espaços vazios e subutilizados, em uma área de alto valor imobiliário como são os centros urbanos. Também é possível aliar a todo este dinamismo que a abertura da quadra oferece, desde inovadoras tipologias arquitetônicas e criação de recintos urbanos, à fatores que busquem a valorização da identidade e manifestações sociais locais, bem como a proteção dos elementos históricos que compõe o espaço urbano em si.

## 4. REFERÊNCIAS

Alexander, Christopher et al, 2013. *Uma Linguagem de Padrões***.** Goodman, Porto Alegre.

BRASIL. *Estatuto da Cidade*: Lei 10.257/2001

Funfgelt, K., 2004. *História da paisagem e evolução urbana da cidade de Erechim* - RS. 2004. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Guerra, Abílio, 2011. *Uma tipologia urbana rara em São Paulo*. 02 de abril de 2018 http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/ 11.124/3819

Jacobs, Jane, 2009. *Morte e Vida de grandes cidades.* Martins Fontes, São Paulo

Prestes, Simone Litwin, 2012. *Sentidos e imagens do patrimônio cultural em Erechim/RS na iminência de sua preservação institucional.* Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Portzamparc, Christian de, 1997. *A terceira era da cidade.* Óculum, São Paulo, n.9, FAU PUC-Campinas, p. 47

Portzamparc, Christian de, 1996. *The open block.* Basel: Manifestos.

Souza, Felipe Francisco de, 2009 *Métodos de Planejamento Urbano: Projetos de Land readjustment e redesenvolvimento urbano.* Editora Paulo's, São Paulo.

Souza, Mateus Moreno Subtil dos Anjos, 2017. *Quadra Aberta: rede de espaços públicos*. Trabalho Final de Graduação – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ACESSIBILIDADE: CONCEITOS E ABRANGÊNCIA

**Jessica Andrade Michel**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
e-mail: arq.jessicamichel@gmail.com

**Michele Rocha Reolão**
Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Campus I, Km 171, BR 285, Bairro São José, C. P. 611, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS, Brasil.
e-mail: 91012@upf.br

***Resumo.*** *Devido a crescente urbanização, as cidades têm enfrentado questões referentes a este novo contingente de pessoas passando a morar em zonas urbanas. A acessibilidade tem se tornado um conceito chave na temática de cidades para todos, dentro de um pensamento em que todos devem ter acesso às mesmas infraestruturas, sem distinções por classes sociais, por faixas etárias, ou mesmo por habilidades motoras. As infraestruturas urbanas enfrentam grandes dificuldades para poderem atender igualmente a todos, porém boas soluções já existem nos mais variados campos para satisfazê-las. Este artigo pretende demonstrar as diferentes faces da infraestrutura acessível, descrevendo as áreas onde o termo tem sido constantemente utilizado.*

***Abstract.*** *Due to increasing urbanization, cities have faced issues regarding this new contingent of people moving into urban areas. Accessibility has become a key concept in the theme of cities for all, within a thought in which all must have access to the same infrastructures, without distinction by social class, by age groups, or even by motor skills. Urban infrastructures face great difficulties to be able to attend them, but good solutions exist already in the most varied fields to satisfy them. This article intends to demonstrate the different faces of the accessible infrastructure, describing the areas where the term has been constantly used.*

***Palavras-chave:*** *acessibilidade, infraestrutura acessível, cidades sustentáveis.*

## 1. INTRODUÇÃO

A acessibilidade está presente em vários segmentos da sociedade moderna e pode ser compreendida por diversas perspectivas. O conceito de acessibilidade merece atenção especial na sua utilização, pois possui ampla utilização (GOULD, 1969; PENCHANSKY, THOMAS 1981; JÄRV et al., 2018). Na literatura, é possível encontrar o referido termo relacionado aos principais componentes físicos da estrutura urbana: pessoas, transportes e locais de atividade social (JÄRV et al., 2018), e, ainda, pode estar relacionado ao meio econômico, ao acesso aos cuidados de saúde (FRANSEN et al., 2017; GUAGLIARDO 2004), e a outros segmentos específicos. Nesse contexto, como exemplo, pode-se dizer que a acessibilidade está presente na eficiência da rede de transporte, estratégias de distribuição e uso da terra (HANSEN, 1959; BENENSON et al., 2011; GUTIÉRREZ, GARCÍA-PALOMARES 2008; KUJALA et al., 2018) e no desempenho econômico das cidades (SALAS-OLMEDO et al., 2016). Além disso, o termo acessibilidade é aplicado para entender sobre justiça social (FARRINGTON, FARRINGTON, 2005) e igualdade espacial em áreas urbanas (LUCAS et al. 2016; DAI, 2010), bem como muitas aplicações estão sendo vinculadas à saúde pública (NEUTENS 2015; TENKANEN et al. 2016), bem-estar e qualidade de vida dos moradores urbanos (CASAS 2007; LOWE, MOSBY 2016).

Algumas das definições para acessibilidade são bem conhecidas, como é o caso do conceito formulado por Hansen (1959), que trata acessibilidade como "o potencial de oportunidades de interação", que em termos gerais quer dizer que a acessibilidade é uma medida da distribuição espacial das atividades em torno de um ponto, ajustado para a capacidade e o desejo de pessoas ou empresas de superar a separação espacial. Ou ainda "a liberdade de os indivíduos decidirem participar ou não de atividades diferentes" (BURNS, 1979). A acessibilidade contribui, ainda, para a identificação da existência de desertos alimentares (PÁEZ et al., 2012) e o acesso a infraestrutura verde (WOLCH et al., 2014). Recentemente, acessibilidade foi definida como o potencial para alcançar oportunidades distribuídas espacialmente,

como, por exemplo, emprego, recreação, interação social, etc. (PÁEZ et al., 2012). A acessibilidade pode variar dependendo da perspectiva que se observa, se sob a ótica de um local ou de uma pessoa (JÄRV et al. 2018).

No Brasil, o termo acessibilidade é definido, pela NBR 9050:2015 (ABNT, 2015), como a "possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privado de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida". Assim, tem-se um conceito abrangente e totalmente relacionado com a mobilidade e utilização do espaço aberto ou construído, deixando de lado a questão econômica e a inclusão da parcela menos favorecida da população.

A conexão entre acessibilidade e ideais sociais de inclusão, em particular, tem motivado investigações empíricas e conceituais que contribuíram para o avanço da compreensão dos mecanismos que influenciam a acessibilidade, a situação de acessibilidade das populações desfavorecidas e as implicações da acessibilidade limitada. (CASAS, 2007; CASAS et al., 2009; PÁEZ et al., 2012). Apesar de os conceitos não explicitarem claramente, há boas razões para acreditar que níveis mais altos de mobilidade realmente trazem benefícios decorrentes da acessibilidade e levam a uma maior participação em atividades, portanto, mais inclusão social para vários segmentos da população (FRANSEN et al., 2017).

## 2. ACESSIBILIDADE EM TERMOS ECONÔMICOS

Apesar de não se ter uma definição clara dos valores do que seria acessibilidade em termos financeiros, visto que, existem diferentes faixas de preços para diferentes segmentos da sociedade, entende-se que as infraestruturas devem estar disponíveis para todos, sem distinções. O conceito de infraestrutura acessível em termos econômicos, neste artigo tem como base a ideia de que as variedades de infraestruturas de uma cidade deveriam estar disponíveis para a população como um todo, sem exclusões por classes sociais ou renda.

O fator econômico tem forte influência na acessibilidade à saúde e tem efeitos em indivíduos ou comunidades de baixa renda, que tendem a ter um pior estado de saúde e menos recursos para mobilidade e para arcar com os custos do tratamento, dificultando o acesso às infraestruturas básicas de saúde (BISSONNETTE et al., 2012). Além disso, o fator econômico também influencia a perspectiva das diferenças sociais, visto que alguns grupos da sociedade estão em situação de maior vulnerabilidade aos impactos por desastres, devido à interação de fatores culturais, econômicos e sociais (STOUGH, 2016), e assim em situação desfavorável em relação às infraestruturas.

A crescente urbanização traz consigo algumas questões, entre elas a garantia de moradia aos novos e já existentes moradores das cidades. Por todo o mundo medidas são adotadas para contribuir com este objetivo. No Quênia, uma federação destinada a ajudar pessoas desabrigadas oferece depósitos e créditos para os residentes de assentamentos informais, formando um grupo de mais de 60.000 membros espalhados por todo o país. Tem como principal atividade mobilizar e compartilhar tributos. Além disso os projetos incluem o planejamento de assentamentos, construção de novas moradias a preços acessíveis e melhoria nas já existentes (WERU, 2018). No Brasil, o programa Minha Casa Minha Vida se caracteriza por uma iniciativa do governo federal que oferece condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda, através de baixas taxas de juros. Atua em parceria com estados, municípios, empresas e entidades sem fins lucrativos, no auxílio à moradia.

Para grande parte da população mundial, o desafio de moradia está na necessidade de um abrigo salubre a um preço acessível. A sustentabilidade tem assumido papel cada vez mais amplo e central na sociedade, como na consideração aos assentamentos humanos, emprego, transporte e serviços urbanos. Algumas medidas podem ser tomadas por governantes para apoiar as aspirações de moradia de seus cidadãos, como construir unidades habitacionais e alugar com taxas subsidiadas, ou entregá-las aos destinatários. Ainda, podem ser tomadas medidas para reduzir o preço da habitação ou mesmo melhorar o funcionamento do mercado imobiliário, para facilitar a compra de imóveis através de baixas taxas e ainda podem melhorar o funcionamento do mercado através de facilitadores como hipoteca e outros empréstimos para habitação (CHOGUILL, 2007).

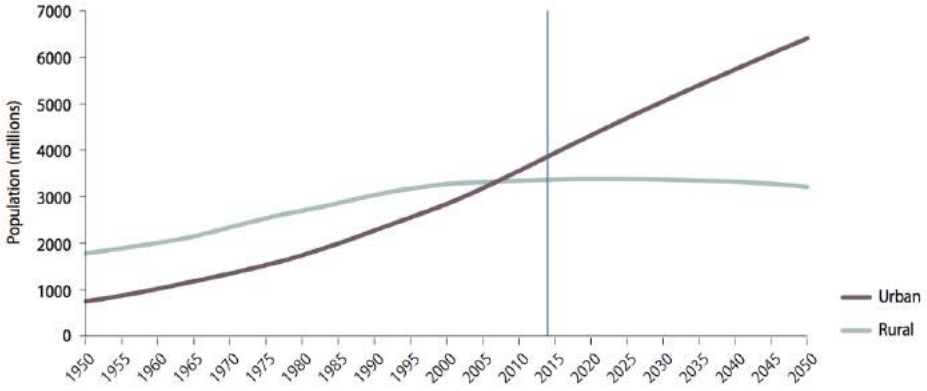
### 2.1 ACESSIBILIDADE AOS ESPAÇOS URBANOS E ASSISTÊNCIA SOCIAL

A forma como as cidades são planejadas, ou a forma que ela toma com o passar do tempo, devido ao aumento da população, causam um enorme impacto na vida das pessoas. Com a globalização, informatização, aumento de veículos e da população, ocorrem a realocação de atividades de comércio e serviços para as partes periféricas da cidade devido ao seu rápido crescimento, assim busca-se no meio da disputa pelo espaço urbano entre veículos e pessoas, um cenário onde o conceito de acessibilidade desempenha papel fundamental para que haja igualdade social, em que todas as pessoas, indiferentemente de suas necessidades e características, possam utilizar o espaço da melhor maneira, o mais confortável e seguro possível.

A população urbana mundial ultrapassou a rural, pela primeira vez na história, no ano de 2007, ou seja, mais da metade da população do planeta vive em cidades, e desde então esta projeção tem se mantido crescente (figura 1), com expectativa de que atinja a proporção de dois terços no ano de 2050, na estimativa de que mais 2,5 bilhões de pessoas

passem a viver em cidades (UNITED NATIONS, 2014; VOJNOVIC, 2014; PÉREZ-DEL HOYO et al., 2016). A criação de espaços urbanos acessíveis para a quantidade crescente de pessoas que passam a viver em cidades torna-se um desafio. A qualidade dos ambientes urbanos, tanto construídos quanto naturais, torna-se determinante para a qualidade de vida desta já existente e crescente população urbana (ELMQVIST et al., 2015).

Figura 1 - População Mundial Rural e Urbana, 1950-2050.




Fonte: UNITED NATIONS 2014.

Estes números expressam a necessidade de um planejamento urbano mais sustentável e com infraestrutura acessível às diferentes características da população. Deste modo, é necessária uma compreensão abrangente da dinâmica das cidades, a partir de perspectivas espaciais, temporais e sociais, para poder planejá-las (JÄRV et al., 2018) de forma a mitigar desafios sociais, como a desigualdade socioespacial, a saúde pública e a segregação, de forma a buscar infraestruturas acessíveis à população como um todo. Neste contexto, é básico promover espaços com possibilidade de utilização por pessoas com deficiência, por exemplo. Iniciativas para melhoria da acessibilidade são praticadas em vários países, seja através de instruções normativas e leis como é o caso de países como Brasil e Japão (BRASIL, 2000; OHMORI, 2015), seja através do incentivo as cidades tornarem-se acessíveis a pessoas com deficiência e idosos, como é o caso do Prêmio Access City, onde são reconhecidas as cidades mais acessíveis do continente Europeu.

Para entender o conceito de acessibilidade geográfica, algumas condições precisam ser significativas. Dessa forma, observa-se que deve haver alguma separação espacial entre origens e destinos, como entre a casa e local de trabalho, que as pessoas precisam ou desejam se movimentar (WEBER, 2006). Dentro da visão de sustentabilidade, todas as pessoas são providas igualmente de qualidades ambientais, econômicas e sociais (CASAS, 2007; CHARTER, 1994). Nos meios de transporte, esta visão reflete na capacidade de fornecer a toda a sociedade o mesmo nível de acesso a oportunidades diferentes (CASAS, 2007).

Desde o ano 2002 há uma corrente mundial em favor dos direitos das pessoas com deficiência, o que culminou na Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, em que 177 países fazem parte (figura 2).

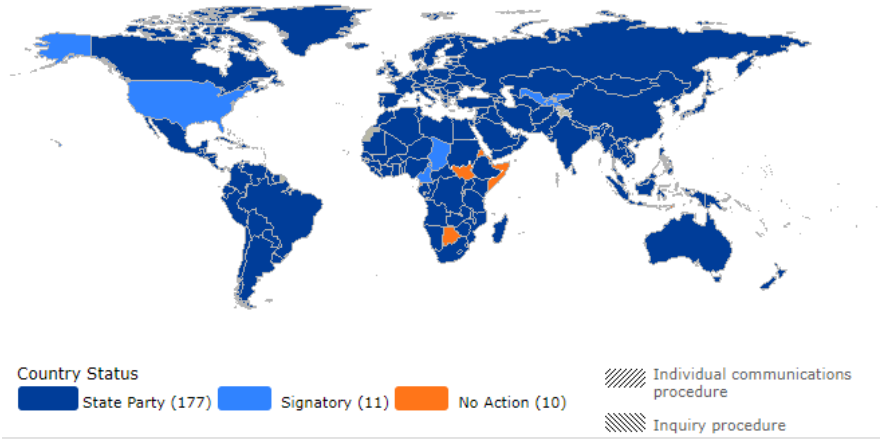



Figura 2 - Convention on the Rights of Persons with Disabilities
Fonte: http://indicators.ohchr.org/

Acessibilidade espacial diz respeito tanto a pessoas quanto lugares. Um lugar é não apenas "mais" ou "menos" acessível, mas acessível em relação às pessoas em todas as suas diferenças (FARRINGTON, 2007). Bons exemplos de acessibilidade incluem planejamento de espaços urbanos de circulação, banheiros públicos, playgrounds, parques, praças, e repartições públicas acessíveis a crianças, idosos e pessoas com deficiências (BRASIL, 2016). A acessibilidade espacial, portanto, visa proporcionar uma vida segura, independente e autônoma para a população, sendo ela cognitivamente deficiente ou não (TRIKI, HANACHI, 2017). A acessibilidade desigual aos espaços verdes urbanos torna-se causa de preocupação dentro da justiça ambiental, tendo em vista a reconhecida importância destes espaços, inclusive para a saúde pública (DAI, 2010; WOLCH et al., 2014).

A distância separa as casas das pessoas dos lugares onde elas trabalham, fazem compras, fazem negócios ou se relacionam socialmente (CECCATO, 2015). A mobilidade é o que permite que os indivíduos superem distâncias e acesso a espaços de sua necessidade ou interesse (WHO, 2002). Na maioria das vezes, esses componentes são dinâmicos por natureza e, portanto, o cenário de acessibilidade muda no espaço e no tempo com base na mobilidade (JÄRV et al., 2018). A mobilidade se caracteriza por englobar acessibilidade, disponibilidade e a capacidade de chegar ao destino desejado, providenciando benefícios sociais, físicos e psicológicos. Se diferencia da puramente atividade física por incluir tanto o comportamento sedentário como o ativo (KOLODINSKY et al., 2013).

Acessibilidade no transporte urbano pode ser percebida da perspectiva do acesso de pessoas com deficiência e da autonomia que o transporte promove. Assim deve seguir as boas práticas para acessibilidade espacial de forma a evitar barreiras físicas que prejudicam o deslocamento e a utilização com autonomia e segurança. Além disso, a acessibilidade ao transporte também pode ser compreendida em relação às possibilidades de viagens, que pode ser definida como "quanto mais opções para alcançar os destinos dos viajantes ou para realizar atividades, e quanto menor a resistência a viagens (tempo, custos, esforço), maior o nível de acessibilidade" (VAN WEE, 2016), ou, conforme definiram Geurs e Van Wee (2004), a extensão na qual os sistemas de uso e transporte permitem que indivíduos alcancem atividades ou destinos por meio de uma combinação de modos de transporte.

Assim, acessibilidade no transporte envolve fatores geográficos e econômicos e tem por objetivo incluir pessoas de todas as classes sociais, bem como promover a locomoção destas pessoas para diferentes pontos de uma cidade ou região, não ficando restrita a atender pessoas com características físicas diferentes (PÁEZ et al. 2012).

Nos serviços de saúde o princípio da acessibilidade, particularmente "acesso razoável aos serviços de saúde necessários e apropriados", pode ser interpretada de várias maneiras (SHAH et al., 2016). O acesso aos serviços de saúde refere-se aos processos que envolvem a entrada de pessoas e grupos populacionais no sistema de prestação de cuidados de saúde. Este acesso possui um conceito multifacetado que pode ser dividido cinco dimensões, sendo elas: acessibilidade em relação aos custos de utilização, acessibilidade geográfica ou seja distâncias entre pacientes e provedores, e ainda disponibilidade, aceitabilidade e acomodação (PENCHANSKY, THOMAS, 1981; GUAGLIARDO, 2004). Dessas cinco dimensões, a acessibilidade geográfica tem ganhado força, em função da sofisticação dos sistemas de informação geográfica (GIS) e da disponibilidade de dados desfragmentados referentes aos serviços de saúde (NEUTENS, 2015).

Evidências mostram que as barreiras espaciais entre pacientes e médicos contribuem para reduzir a utilização dos cuidados de saúde e diminuem a aceitação de serviços preventivos, o que por sua vez podem dar origem a resultados negativos na saúde (DAI, 2010). Nos países em desenvolvimento os problemas de cobertura espacial são recorrentes, mas o acompanhamento desta cobertura se torna extremamente pertinente no mundo desenvolvido, visto que mudanças demográficas nas sociedades contemporâneas ocorrem a todo instante (NEUTENS, 2015).

Uma diretriz global referente às cidades amigas dos idosos foi publicada pela Organização Mundial da Saúde (2007), onde foi recomendado que os espaços verdes devem ser livres de barreiras, atraentes, bem equipados e acessíveis aos idoso. Nesse contexto, algumas diretrizes foram publicadas para que os espaços verdes sejam receptivos para os idosos, através de projetos que incluam segurança, atributos naturais, facilidades, áreas para atividades físicas, rede de apoio social e uma composição adequada à faixa etária, evitando situações desconfortáveis ou mesmo embaraçosas com os mais jovens (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2014; WEN, 2018). Idosos preferem espaço abertos com pouco movimento, assim como ambientes seguros e protegidos (La Rosaa et al 2017). Além disso, a acessibilidade de idosos as infraestruturas verdes, desempenha papel importante na recreação baseada na natureza (WEN, 2018).

Investimentos orientados a dispositivos móveis para infraestrutura de transporte têm níveis aumentados desde a segunda metade do século XX (MILLER, 2007). Existe uma incerteza significativa em torno das necessidades futuras e das formas complexas pelas quais as infraestruturas influenciam as relações socioespaciais (MCARTHUR, 2018), e os equipamentos urbanos são essenciais para apoiar o aumento previsto na urbanização global nas próximas décadas, proporcionando crescimento sustentável e inclusivo (UN HABITAT, 2016).

## 3. CONCLUSÕES

Diante do exposto, é possível compreender que o termo acessibilidade possui um amplo significado e pode ser empregado em diferentes segmentos da vida em sociedade. Contudo na maioria dos casos pode-se afirmar que o termo tem uma forte ligação com acessibilidade espacial, e que promover a mobilidade e o acesso de espaços públicos é uma boa prática e pode contribuir para inclusão não só das pessoas com deficiência, mas também gerar inclusão de outros

segmentos da população, como é o caso de idosos, pessoas com limitações físicas temporárias, pessoas com baixa renda e que moram em periferias.

## 4. REFERÊNCIAS

Associação brasileira de normas técnicas, 2015. "NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos". Rio de Janeiro: Abnt, 148 p.

Benenson, I., Martens, K., Rofé, Y., & Kwartler, A. 2011. "Public transport versus private car GIS-based estimation of accessibility applied to the Tel Aviv metropolitan area". The Annals of Regional Science, 47(3), 499–515. https://doi.org/10.1007/s00168-010-0392-6.

Bissonnette, L., Wilson, K., Bell, S., Shah, T.I., 2012. "Neighbourhoods and potential access to health care: the role of spatial and aspatial factors". Health Place 18 (4), 841–853.

Brasil, 2016. Débora Regina Possa. Ministério das Cidades (Org.). "Boas práticas em acessibilidade". Brasília: Ministério das Cidades, 90 p. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/BrasilAcessiveno06.pdf>.

Brasil, 2000. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. "Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências". Brasília, DF.

Burns, L.D., 1979. "Transportation, Temporal, and Spatial Components of Accessibility". Lexington Books, Massachusetts

Casas, I. 2007. "Social exclusion and the Disabled: An accessibility approach". The Professional Geographer, 59(4), 463–477. https://doi.org/10.1111/j.1467-9272.2007.00635.x.

Ceccato, Vania, 2015. "Ensuring safe mobility in Stockholm, Sweden. Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers" - Municipal Engineer, [s.l.], v. 168, n. 1, p.74-82, Thomas Telford Ltd.. http://dx.doi.org/10.1680/muen.14.00002.

Choguill, Charles L. 2007. "The search for policies to support sustainable housing". Habitat International 31, 143–149.

Dai, D., 2010. "Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit". Health Place 16 (5), 1038–1052.

Elmqvist, T.; Setala, H.; Handel, S. N.; Van der ploeg, S.; Aronson, J.; Blignaut, J. N.; Gomez-baggethun, E.; Nowak, D.J.; Kronenberg, J.; De groot, R. 2015. "Benefits of restoring ecosystem services in urban areas". Curr. Opin. Environ. Sustain. 14, 101–108.

Farrington, J., & Farrington, C., 2005. "Rural accessibility, social inclusion and social justice: Towards conceptualization". Journal of Transport Geography, 13(1), 1–12. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.10.002.

Farrington, John H. 2007. "The new narrative of accessibility: its potential contribution to discourses in (transport) geography". Journal Of Transport Geography, [s.l.], v. 15, n. 5, p.319-330. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.007.

Fransen, Koos et al, 2018. "A spatio-temporal accessibility measure for modelling activity participation in discretionary activities". Travel Behaviour And Society, [s.l.], v. 10, p.10-20. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.tbs.2017.09.002.

Geurs, Karst T.; Van Wee, 2004. Bert. "Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions". Journal Of Transport Geography, [s.l.], v. 12, n. 2, p.127-140. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005.

Guagliardo, M.F., 2004. "Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges". International Journal of Health Geographics 3, 1–13.

Gould, P. R. 1969. "Spatial diffusion, resource paper No. 4". Washington, D.C: Association of American Geographers, Commission on College Geographers.

Hansen, W.G., 1959. "How accessibility shapes land use". J. Am. Inst. Planners 25 (2), 73–76. http://dx.doi.org/10.1080/01944365908978307.

Järv, Olle et al. 2018. "Dynamic cities: Location-based accessibility modelling as a function of time". Applied Geography, [s.l.], v. 95, p.101-110. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.04.009.

Kolodinsky, J.M., DeSisto, T.P., Propen, D., Putnam, M.E., Roche, E., Sawyer, W.R., 2013. "It is not how far you go, it is whether you can get there: modeling the effects of mobility on quality of life in rural" New England. J. Transp. Geogr. 31, 113–122.

Kujala, R., Weckström, C., Mladenović, M. N., & Saramäki, J. 2018. "Travel times and transfers in public transport: Comprehensive accessibility analysis based on Paretooptimal journeys". Computers, Environment and Urban Systems, 67, 41–54. https://doi.org/10.1016/J.COMPENVURBSYS.2017.08.012.

La Rosaa, Daniele; Takatorib, Chika; Shimizub, Hiroyuki; Priviteraa, Riccardo, 2018. "A planning framework to evaluate demands and preferences by different social groups for accessibility to urban greenspaces".

Loukaitou-Sideris, A., Levy-Storms, L., & Brozen, M. 2014. "Placemaking for an aging population: Guidelines for senior-friendly parks".

Lowe, K., & Mosby, K. 2016. "The conceptual mismatch: A qualitative analysis of transportation costs and stressors for low-income adults". Transport Policy, 49, 1–8. Applied Geography 95 101–110 https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.03.009

Lucas, K., van Wee, B., & Maat, K. 2016. "A method to evaluate equitable accessibility: Combining ethical theories and accessibility-based approaches". Transportation, 43(3), 473–490. https://doi.org/10.1007/s11116-015-9585-2.

Mcarthur, Jenny. 2018. "Comparative infrastructural modalities: Examining spatial strategies for Melbourne, Auckland and Vancouver". Environment And Planning C: Politics and Space, [s.l.], p.42-63. SAGE Publications. http://dx.doi.org/10.1177/2399654418767428.

Neutens, Tijs, 2015. "Accessibility, equity and health care: review and research directions for transport geographers". Journal Of Transport Geography, [s.l.], v. 43, p.14-27. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.12.006.

Ohmori, Nobuaki, 2015. "Mitigating barriers against accessible cities and transportation, for child-rearing households". Iatss Research, [s.l.], v. 38, n. 2, p.116-124. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.iatssr.2015.02.003.

Páez, Antonio; Scott, Darren M.; Morency, Catherine, 2012. "Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators". Journal Of Transport Geography, [s.l.], v. 25, p.141-153. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.016.

Penchansky, R., & Thomas, J. W., 1981. "The concept of access: Definition and relationship to consumer satisfaction". Medical Care, 19(2), 127–140. https://doi.org/10.2307/3764310.

Pérez-delhoyo, Raquel et al., 2016. "Making Smart and Accessible Cities - An Urban Model based on the Design of Intelligent Environments". Proceedings Of The 5th International Conference On Smart Cities And Green Ict Systems, [s.l.], p.01-08. SCITEPRESS - Science and and Technology Publications. http://dx.doi.org/10.5220/0005798100630070.

Salas-Olmedo, M. H., García-Alonso, P., & Gutiérrez, J., 2016. "Distance deterrence, trade barriers and accessibility. An analysis of market potential in the European Union". European Journal of Transport and Infrastructure Research, 16(2), 319–343.

Shah, Tayyab Ikram; Bell, Scott; Wilson, Kathi, 2016. "Spatial Accessibility to Health Care Services: Identifying under-Serviced Neighbourhoods in Canadian Urban Areas". Plos One, [s.l.], v. 11, n. 12, p.0168208-0168208. Public Library of Science (PLoS). http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0168208.

Stough, L.M., A.N. Sharp, C. Decker, and N. Wilker, 2010. "Disaster case management and individuals with disabilities". Rehabilitation Psychology. 55(3). pp. 211–220.

Tenkanen, H., Saarsalmi, P., Järv, O., Salonen, M., & Toivonen, T. 2016. "Health research needs more comprehensive accessibility measures: Integrating time and transport modes from open data". International Journal of Health Geographics, 15(1), 23. https://doi.org/10.1186/s12942-016-0052-x.

Triki, Sameh; Hanachi, Chihab, 2017. "A Self-adaptive System for Improving Autonomy and Public Spaces Accessibility for Elderly. Agent And Multi-agent Systems: Technology and Applications", [s.l.], p.53-66. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-59394-4_6.

Van Wee, Bert, 2016. "Accessible accessibility research challenges". Journal Of Transport Geography, [s.l.], v. 51, p.9-16. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.018.

Vojnovic, Igor., 2014. "Urban sustainability: Research, politics, policy and practice". Cities, [s.l.], v. 41, p.30-44. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2014.06.002.

UN Habitat (2016) "New Urban Agenda, Technical report, United Nations, New York".

Weber, Joe. 2006. "Reflections on the future of accessibility". Journal of Transport Geography 14 (2006) 399–400.

Wen, Chen; Albert, Christian, Von Haaren, Christina. 2017. "The elderly in green spaces: Exploring requirements and preferences concerning nature-based recreation. Leibniz Universität Hannover", Institute of Environmental Planning, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover, Germany.

Weru, Jane; Okoyo, Omondi; Wambui, Mary; Njoroge, Patrick; Mwelu, Jacinta; Otibine, Evans; Chepchumba, Ann; Wanjiku, Regina; Wakesho, Tabitha; Maina, John Pius Njenga. 2018. "The Akiba Mashinani Trust, Kenya: a local fund's role in urban development".

WHO (World Health Organization) 2002. "International Classication of Functioning, Disability and Health". WHO, Geneva, Switzerland.

Wolch, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. 2014. "Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities "just green enough". Landscape and Urban Planning, 125, 234–244. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O (s) autor (es) é (são) o único responsável pelo material impresso incluído neste documento.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AGRICULTURA URBANA: TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS E A INFRAESTRUTURA DA CIDADE

**Laura Campagna Basso**
**Lauro André Ribeiro**
Faculdade Meridional, IMED, Passo Fundo, RS.
lauracbasso@hotmail.com; lauro.ribeiro@imed.edu.br

***Resumo:*** *De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), é previsto que em 2030, 60% da população mundial esteja ocupando as cidades. A urbanização desenfreada, sem mecanismos regulatórios e de controle, trouxe consigo enormes repercussões na saúde da população. Neste sentido, a agricultura urbana tem sido reconhecida por sua contribuição para a sustentabilidade urbana, devido à capacidade de integrar aspectos socioculturais, econômicos e ambientais. O presente artigo tem como objetivo uma reflexão sobre o crescimento da população urbana mundial das últimas décadas, de suas infraestruturas atuais e a necessidade de identificar modelos de tecnologias construtivas para a produção de alimentos em centros urbanos consolidados. Como embasamento teórico utilizou-se de pesquisa bibliográfica, de caráter descritivo exploratório, sobre as tipologias construtivas de hortas urbanas e buscou-se a discussão do tema propondo uma refuncionalização dos espaços no âmbito urbano, de vizinhança e local. As tipologias construtivas de horta urbana que se destacam são hortas horizontais, verticais, suspensas, protegidas e hidropônicas. Considerando o que foi exposto, pode-se afirmar que as diversas técnicas de agroecologia elencadas neste artigo são uma resposta arquitetônica de pequena escala para restaurar o tecido urbano, o bairro, as edificações e nós mesmos.*
***Palavras-chave:*** *agricultura urbana, tipologias construtivas, hortas urbanas.*

## 1. INTRODUÇÃO

O futuro da humanidade está atrelado a grandes aglomerações urbanas. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas, mundialmente, mais pessoas estão residindo em áreas urbanas. No ano de 1950, apenas 30% da população mundial era urbana, sendo que em 2018 este percentual passou a ser 55%, e é previsto para que em 2050, a população mundial urbana alcance 68% (ONU, 2018). Em consequência, as cidades enfrentarão inúmeros desafios para atender as necessidades do crescimento da população no meio urbano, se estendendo até os serviços básicos como educação e saúde (UNRIC, 2018).

A urbanização desenfreada, sem mecanismos regulatórios e de controle, trouxe consigo enormes repercussões na saúde da população (GOUVEIA, 1999). Estes motivos enfatizam a importância da busca pela resiliência urbana e o aumento na visibilidade de uma infraestrutura ecológica como sendo um instrumento de planejamento arquitetônico e de mitigação de problemas causados pela urbanização sem planejamento. Neste sentido, a agricultura tem sido reconhecida por sua contribuição para a sustentabilidade urbana, devido à capacidade de integrar aspectos socioculturais, econômicos e ambientais (MASCARÓ; ACUNHA; PAGGOTTO, 2017).

Historicamente, a agricultura urbana se apresentou em vários níveis de desenvolvimento urbano. Inicialmente, retratou em nível social e econômico no processamento de alimentos urbanos por uma necessidade durante os períodos de guerras. No entanto, nos últimos anos, com a realidade e perspectivas sobre a alta taxa de crescimento da população mundial e o alto nível de desenvolvimento urbano, degradação do meio ambiente e dificuldades cotidianas, a sociedade tem se dedicado a reformular o estilo de vida mais ecológico e sustentável. Desse modo, a agricultura urbana passa a ser reivindicada como um ramo promissor da atividade humana, o que possibilita ajudar os países em desenvolvimento na busca por prosperar na sua organização, correspondendo aos princípios de desenvolvimento sustentável e minimizando o impacto nocivo sobre o meio ambiente (WILKIN, 2010; WALKOW, 2012).

Nos últimos anos, tem sido explorada a possibilidade de parte da produção agrícola ser transferida para as cidades como maneira de reduzir o custo energético no fornecimento de alimentos, buscando por vantagens ambientais, sociais e econômicas (UNFPA, 2007). O desenvolvimento da tecnologia, atrelado à facilidade de usá-la adequadamente, pode ser benéfico para a natureza. A produção de alimentos nas cidades deve basear-se em novas tecnologias de rápido desenvolvimento, adequadas aos diferentes espaços urbanos. Desse modo, os seres humanos iniciaram a busca por

soluções mais eficazes de cultivo alimentícios em suas residências e locais de trabalho, além do mais, o instinto social o fez criar grupos de pessoas, com o mesmo intuito e fundar as hortas comunitárias (MACHADO; MACHADO, 2002).

A agricultura urbana vem crescendo como um ramo da ciência e está se propagando por terras urbanas em todo o mundo, assumindo variadas conotações e moldando-se às mais diferentes paisagens sociais e arquitetônicas. Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo uma reflexão sobre o crescimento da população urbana mundial das últimas décadas e de suas infraestruturas atuais e a necessidade de identificar modelos de tipologias construtivas para a produção de alimentos em centros urbanos consolidados.

## 2. METODOLOGIA

Como embasamento teórico utilizou-se de pesquisa bibliográfica, de caráter descritivo exploratório (SALVADOR, 1986; GIL, 1994), sobre as tipologias construtivas de hortas urbanas e suas inserções na cidade, assim buscou-se a discussão do tema propondo uma refuncionalização dos espaços no âmbito urbano, de vizinhança e local.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A agricultura urbana resulta em uma renovação de perspectiva sobre as cidades e é uma das práticas mais recomendadas entre os diversos sistemas que visam a construção de cidades sustentáveis e de espaços urbanos mais saudáveis e inclusivos (FERNANDES; RAMOS, 2016). Assim, a produção de alimentos pode acontecer em áreas particulares ou públicas, residenciais ou comerciais e pode ser organizada de modo formal ou informalmente na transformação da cidade, sendo uma alternativa para cultivos frescos, mais saudáveis e mais baratos (KANIA et al., 2013). Este tipo de cultivo pode ser de modo privado, como a exemplo de aplicação nas residências, pode ser público-controlado, a exemplo de inserção em condomínios e loteamentos onde a entrada é de forma restrita aos moradores, bem como pode ser público, tornando-se aberto à população, ou seja, designado como horta comunitária. Cabe aqui considerar, a existência das hortas urbanas inseridas em ambientes institucionais, como forma educativa e a benefício dos usuários do local, onde a educação ambiental se insere na vida escolar. O principal objetivo na criação de uma horta urbana, particular ou comunitária, é incentivar o ser humano a conviver com a natureza, seja por meio de atividades práticas, por apoio a estratégias de desenvolvimento sustentável ou pela busca do desenvolvimento ecológico de áreas urbanas (PALEJ, 2010).

A análise das estruturas urbanas contemporâneas criou suporte para o desenvolvimento de diversos princípios de culturas urbanas. Segundo Pinto (2007), a agricultura urbana pode se desenvolver nas mais diversas formas, relacionando-se a diferentes espaços, tais como: hortas urbanas, pomares urbanos, quintais agroflorestais, jardins agrícolas, plantação de culturas hortícolas junto a estradas e passeios, plantação de espécies ornamentais e medicinais, ocupação de lotes vazios, cultivo em vasos e recipientes em varandas e em estruturas construídas, como paredes e telhados. Os cidadãos começaram a migrar cada vez mais para as cidades e as hortas convencionais atingiram as áreas urbanizadas, carregando consigo diversos benefícios e mais tardar a busca por alternativas de cultivos complementares (JASIONKOWSKI, R.; LEWANDOWSKA-CZARNECKA, A., 2016).

As hortas horizontais, também chamadas de hortas convencionais, são consideradas a tipologia mais conhecida e apreciada mundialmente. As hortas horizontais urbanas podem ser cultivadas de duas formas, uma opção é a prática no solo e a outra é o cultivo de cobertura (BALDESSAR, 2012). Uma atenção à implantação de hortas urbanas horizontais é dedicada à restauração de espaços ociosos, desde uma superfície de solo até a cobertura de uma edificação. Estes espaços são considerados ambientalmente úteis, fornecendo um habitat para pássaros e outros animais, bem como uma boa oportunidade para implantar sistemas de vegetações e poder se beneficiar de suas qualidades sustentáveis (SZNAJDA-BIRNFELD et al., 2012).

A prática de horta no solo urbano faz uso de espaços vazios, sejam eles particulares ou públicos, ou seja, espaços ociosos que tenham o intuito de desenvolver áreas ambientalmente amigáveis, resultando em um aumento da biodiversidade e retenção de águas pluviais, bem como na redução de ilhas de calor urbano, melhoria na estética da paisagem e a possibilidade de produzir a comida ecológica em uma cidade (PALEJ, 2010). Conhecidas também por fazendas da cidade, esta prática permite um plano de ação sustentável, sendo possível obter benefícios não apenas na redução da emissão de dióxido de carbono pela redução do transporte rodoviário, mas também no uso de áreas “desperdiçadas”, ou seja, vazios urbanos, de maneira ecológica, estética e funcional (JASIONKOWSKI, R.; LEWANDOWSKA-CZARNECKA, A., 2016).

Atualmente a prática da cobertura verde é uma das formas mais populares de compensação ecológica no meio construído, ou seja, busca-se investir em uma determinada área de cobertura com o intuito de aumentar seu valor ambiental e financeiro. Também conhecido como telhado verde, o cultivo tem por finalidade a aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações. Embora a grama natural ter sido inserida nas coberturas, os telhados verdes ornamentais começaram a serem desenvolvidos no fim de 1800, logo após a introdução do concreto como material de cobertura (DUNNET e KINGSBURY, 2004). Em meados de 1960 e 1970, na Alemanha, projetos iniciam um processo de inclusão destes telhados verdes, visando um retorno à natureza, movimentos ecológicos e consciência ambiental (BURÉS, 2013).

De acordo com Kibert (2008), as coberturas verdes podem ser classificadas como sistemas extensivos e intensivos. Os sistemas extensivos são aqueles que possuem baixa manutenção e são assim definidos por serem tolerantes à seca e possuírem características de auto-semeadura, ou seja, requerem pouca irrigação, adubação e manutenção. Já os sistemas intensivos se delineiam mais complexos e pesados, assim, exigem maior investimento e manutenção (BALDESSAR, 2012). Este último caso de sistema é o qual as hortas urbanas se incluem, ao se tratar de um procedimento que requer cuidado constante.

O plantio de vegetações em cobertura é usado principalmente em telhados planos. No entanto, também é possível explorar esta técnica em telhados inclinados, desde que medidas adequadas sejam tomadas. As técnicas para a contenção da vegetação e do seu substrato irão variar conforme a inclinação desta cobertura e do local onde ela está inserida em decorrência dos dados climáticos (SCHUNCK et al., 2003). Segundo a Associação Nacional de Empreiteiros de Telhados dos Estados Unidos (NRCA) o sistema de telhado verde se caracteriza por ser estruturado em camadas, ou seja, constituído de um plano que haja impermeabilização, o qual cria uma barreira de proteção das raízes, após a camada de drenagem, a camada de isolamento térmico, substrato e as vegetações (BALDESSAR, 2012).

Portando, quanto ao sistema de horta horizontal inserido em coberturas de edificações é importante que haja a boa escolha do local que este será implantado, seja por planejamento prévio diante de um projeto arquitetônico - estratégia mais indicada - ou até mesmo por adaptação a estruturas já existentes, tomando os devidos cuidados para, se for preciso, executar reforços (BALDESSAR, 2012). A vista disso, a tipologia designada de horta horizontal está muito presente em suas diferentes inserções – solo e cobertura - nas cidades do mundo todo. Considerada como a precursora dentre todos os tipos de hortas, a horta horizontal cultivada no solo ainda hoje é difundida sob diversas circunstâncias e locais urbanos, posteriormente abrangendo até o topo das edificações. Por isso, sua aplicação sempre será de forma positiva e viável, podendo ser replicada facilmente pela população.

Em geral, as mais populares hortas urbanas não convencionais são as do tipo horta vertical. Também chamados jardins verticais e paredes verdes, são construções verticais fixadas à parede, podendo ser executadas em diversas estruturas, como por exemplo, a possibilidade de serem construídas in loco por blocos pré-fabricados ou até mesmo com a aquisição de sistemas prontos (JASIONKOWSKI, R.; LEWANDOWSKA-CZARNECKA, A., 2016).

As hortas verticais podem ser inseridas tanto em paredes externas quanto internas. Quanto à sua aplicação na área externa, a principal vantagem das paredes verdes é a possibilidade de sua implantação e seu uso funcional nas fachadas dos edifícios, nos recuos laterais, nos muros e limites entre lotes, pois trazem benefícios para a ecologia das áreas urbanas, bem como para os seus habitantes (BRIBACH, 2014).

Ao restringir a criação de hortas verticais internas, seu caráter passa a ser de uso privado ou controlado, mas seus benefícios para a ambientação e qualidade de vida dos usuários também se tornam muito significativos. Uma vez inseridas no interior de uma edificação, estas necessitam estar situadas em local ventilado e ensolarado (MACHADO; MACHADO, 2002). Por isso, torna-se importante, para este tipo de horta, observar suas variações de inserção, podendo ser fixas ou móveis. Portanto, as hortas verticais mostram-se uma boa alternativa para locais externos e internos, como os muros de divisas e jardins de inverno, ocupando um espaço reduzido e inserindo vivência a um local, muitas vezes, apenas transitório.

As hortas suspensas, também conhecidas como aéreas, são indicadas como as formas mais propícias para o cultivo de vegetais, frutas e plantas ao considerar sua flexibilidade aos diferentes espaços de uma cidade. As hortas suspensas fazem parte do tipo vertical, por se estruturarem desta forma, mas suas características vão além, pois sua estrutura permite ficar dependurada, assim não necessitando de uma base vertical, mas apenas um suporte de topo (MACHADO; MACHADO, 2002). Esta tipologia de horta pode estar inserida tanto no exterior quanto no interior das edificações, sendo esta última a mais usual.

As hortas suspensas no exterior, geralmente, encontram-se próximas às edificações, uma vez que necessitam estar apoiadas a uma estrutura. Logo, as hortas suspensas internas, também chamadas de fazendas de janelas, localizadas mais precisamente nas aberturas, são uma ótima opção para moradores urbanos sem espaço ao ar livre para jardinagem e por envolver um sistema bem flexível de construção. Ao relatar sobre as hortas suspensas externas e internas, verifica-se uma gama de opções de design, dos convencionais aos sustentáveis. Nesta categoria, o uso de materiais reutilizáveis e artesanais apresentam grande significado sustentável, a exemplo de garrafas de Polietileno Tereftalato (PET), tubulações de Policloroeteno (PVC), vasos em argila, vasos em xaxim de palmeira, entre outros (MACHADO; MACHADO, 2002).

Contudo, as hortas suspensas não são tão populares quanto outras tipologias de hortas urbanas, mas configuram-se como uma alternativa muito eficaz. A variedade de opções para sua configuração faz desta horta única, pois a possibilidade de design é muito variada e particular.

A cultura de hortas protegidas é muito popular e difundida, por atender aos mais diversos sistemas de tipologias existentes agregando uma determinada proteção, podendo ter sob domínio diversos aspectos, como por exemplo o controle de temperatura, insolação, ventilação, umidade, irrigação, dentre outros. Na inserção urbana, a horta protegida, pode ser encontrada de duas maneiras, criada como forma de estufas em áreas abertas ou inseridas no interior de edificações (PINHEIRO et al., 2016).

As mais diversas tipologias de hortas podem ser encontradas sob uma estufa. Este método pode ser realizado em grande e pequena escala e trata-se de uma tecnologia de horta que necessita de mão de obra especializada para a sua

implantação. Esta forma estruturada perante as hortas é mais observada em grandes escalas, ou seja, onde há grandes produções alimentícias, seja no meio rural, como também no urbano (PINHEIRO et al., 2016).

A agricultura interna está se tornando muito popular entre os cidadãos urbanos. Primeiramente, a presença do verde nos ambientes internos é uma constante em qualquer lugar do mundo, logo a busca pela praticidade e preocupação alimentícia, levou os cidadãos a adquirir itens verdes além da ornamentação, mas sim para subsidio alimentício, ou seja, criar hortas no interior das edificações (MACHADO; MACHADO, 2002). Chamado também de cultivo de parapeito de janela, as hortas internas permitem o cultivo de todos os tipos de vegetais, seja por sistema horizontal em vasos, seja vertical, aéreo e até mesmo sistemas hidropônicos, e tal sistema protegido permite o cultivo em qualquer estação ou época do ano (DOUGLAS, 1987).

Desta forma, as hortas protegidas externas e internas surgem como opção agregadora para quaisquer tipologias construtivas de horta. Tal forma de cultivo é muito indicada externamente para as regiões onde há uma grande variação de temperaturas, já que é possível o maior controle de variações externas sobre a horta. Já ao considerar-se o ambiente interno das edificações, uma horta neste local será caracterizada de forma protegida, pois também está sob controle de agentes externos.

No contexto global, o problema da escassez de terra fértil levou a possível adoção de sistemas de cultivo sem solo, também chamados de hidropônicos (GIANQUINTO et al., 2007; CHIANCONE et al., 2010; MONTERO et al., 2010). O sistema hidropônico pertence à categoria da hidrocultura. A cultura hídrica abrange o cultivo de plantas em ambientes a base d'água, ou seja, utiliza soluções com minerais para alimentar a vegetação em água, sem o uso de solo. Existem diversos tipos de cultivo no sistema hidropônico, como por exemplo, o sistema aeropônico, o sistema aquapônico, o sistema de gotejamento, a técnica do filme de nutrientes, o sistema de mechas, entre outros (MATHIAS, 2008; GERÚNCIO, 2005). Os sistemas hidropônicos podem ser modulares, facilitando o manuseio e a manutenção por parte do usuário e, também, pode ter dimensões variadas, para se encaixar em diferentes espaços. Necessita ter a menor pegada ecológica possível, ou seja, deve ser produzido por materiais reciclados e ter uma eficiência potencializada na utilização de água e fertilizantes. Por fim, deve ser ajustável a diferentes tipos e tamanhos de plantas, assim permitindo o cultivo variável (PASCALE et al. 2015).

A cultura hidropônica para o cultivo de hortaliças tem sido usada desde o início do século XX (PENNINGSFELD, 1975). Atualmente, a hidroponia está ficando mais popular a cada dia e muitas pessoas estão começando a usá-la em todo o mundo. Muita atenção tem sido dada pela sua eficácia, pois através deste sistema é fornecido às plantas o que elas precisam no momento ideal (PASCALE et al. 2015). A vegetação requer apenas pouco esforço para absorver os alimentos, enquanto que nas vegetações de cultivo baseadas no solo é necessário que a vegetação realize a busca por nutrientes para a extração de alimento.

Portanto, o sistema hidrocultura ganha cada vez mais espaço na cidade devido a fatores como: melhor ocupação da área, utilização mais eficiente dos nutrientes, produção em todo o ano, controle de nutrientes, doenças e pragas, economia de 70% no uso de água, produtividade 30% a mais que a forma tradicional (uso de solo), entre outras (ABREU, 2012).

A cerca dos resultados acima relatados e ao considerar o atual crescimento dos aglomerados urbanos, nota-se uma especial necessidade de adaptação da natureza às necessidades humanas na cidade (BURÉS, 2013). Nas cidades enquanto constituídas horizontalmente, o cultivo de jardins e pomares poderia ser realizado no solo (exemplo da tipologia de horta horizontal), mas à medida que estas se tornaram mais densas, novas técnicas de cultivo precisaram ser estudadas. Conforme o crescimento das cidades, menos superfície de solo está disponível para o plantio, assim, novas superfícies foram sendo consideradas. Plantio em superfícies de topo, conhecidos como cobertura verde (tipologia de horta horizontal), jardins verticais ou paredes verdes (tipologia de horta vertical), plantio em cultivo aéreo (tipologia de horta suspensa), hortas inseridas no interior das edificações ou em estufas (tipologia de horta protegida) e, as plantas sob cultivo em sistemas de hidrocultura (tipologia de hortas hidropônicas). Exemplos estes reconhecidos como meios práticos para aumentar a área útil da paisagem, usufruindo dos benefícios ambientais, econômicos e sociais da natureza (VAN DE BEEK et al., 2010).

Primordialmente, o principal objetivo de qualquer tipologia construtiva de agricultura urbana é apoiar a estratégia de desenvolvimento sustentável, bem como desenvolvimento econômico, estabilidade social e proteção ambiental de uma determinada cidade. As vantagens de se implantar as mais variadas hortas urbanas mencionadas no decorrer deste artigo, sendo elas públicas ou privadas, residenciais ou comerciais, de modo formal ou informal, incluem inegáveis benefícios a longo e curto prazo, como: restauração de espaços urbanos ociosos por ambientes verdes; absorção da poeira e do dióxido de carbono; redução das ilhas de calor urbana; aumento da biodiversidade da fauna e flora urbana; redução no escoamento de águas pluviais; reciclagem de resíduos orgânicos; diminuição de carga térmica interna às edificações; produção de alimentos saudáveis; melhoria no modo de vida da população urbana; redução na produção de embalagens plásticas; redução do custo de transporte de alimentos que provém de lugares distantes; não utilização de agrotóxicos na produção alimentícia; melhoria do microclima e estética da paisagem; oportunidade de criação de novos locais de trabalho; aumento da consciência e educação ambiental pública; entre outras melhorias que surgirão decorrentes destas ações iniciais (JASIONKOWSKI, R.; LEWANDOWSKA-CZARNECKA, A., 2016).

Contudo, cabe considerar que as cidades implicam diferentes problemas ambientais para os plantios, na qual as condições hostis para o desenvolvimento das culturas e ambientes artificialmente planejados constituem um desafio

para o avanço da estrutura verde no meio urbano. Além disso, ao considerar que o número de técnicas de cultivo é grande, o cultivo de plantas em edificações ainda exige um desenvolvimento cientifico e técnico para um maior controle e eficiência do meio natural ao meio construído.

## 4. CONCLUSÃO

Ao refletir sobre as diferentes tipologias construtivas de hortas urbanas, por meio dos resultados coletados e a discussão acerca destes, pode-se afirmar que todas as que foram mencionadas podem, e muitas vezes precisam, conter mais de um tipo incluídas no seu sistema de cultura. Em vista disso, observa-se a riqueza de formas e maneiras de obter uma cultura de horta urbana em suas diferentes inclusões na cidade.

Dado que conceitos de hortas urbanas experimentam hoje um período de grande interesse para soluções inovadoras que, através da implementação de projetos ambientais, contribuem para a restauração da harmonia no ambiente urbano. Ao considerar o que foi exposto, pode-se afirmar que as diversas técnicas de agricultura urbana elencadas neste estudo são uma resposta arquitetônica de pequena escala para restaurar o tecido urbano, o bairro, as edificações e nós mesmos.

Por fim, estima-se que as cidades do futuro irão integrar arquitetura e agricultura no meio urbano, logo, expandindo o tema por meio de incentivos de políticas públicas nacionais, regionais e locais construindo uma melhor relação social, econômica e ambiental. Tais tipologias construtivas abordadas relatam sua existência em âmbito geral, posteriormente, a caracterização de uma infraestrutura regional e/ou local destaca-se como um campo passível de um futuro estudo.

## 5. REFERÊNCIAS

Abreu, S.P.M. *Sistema Aquapônico Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico*. BRT – Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. CDT/UnB. 2012. Acesso em: 9 Jul 2018. Disponível em: http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY4NA

Baldessar, S.M.N. *Telhado Verde e sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoada*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

Bribach CH. Vertical Garden Guide. *FLORAFELT*, Norcross, Georgia. 2014.

Burés, S. A View beyond Traditional Growing Media Uses. *ISHS Acta Horticulturae 1013: International Symposium on Growing Media, Composting and Substrate Analysis*. 2013.

Chiancone, I.; Bacco, A.; Stipic, M.; Di Cesare, C.; Caponigro, V.; Piro, F.; Venezia, A. Easy home hydroponic production of leafy greens. *Acta Horticulturae*. 2010.

Douglas, J.S. *Hidroponia: Cultura sem Terra*. Nobel, SP, cap. 1 p. 1-8. 1987.

Fernandes, A.L.P.; Ramos, M.C.P. *The Overarching Issues of the European Space: Rethinking Socioeconomic and Environmental Problem*. Porto: FLUP, pp. 19-36, 2016.

Gerúncio, G.C. Racionalização do Uso de Nutrientes para o Cultivo Hidropônico do Tomateiro. *Dissertação. UFRRJ*. 2005. p. 11.

Gianquinto, G.; Orsini, F.; Michelon, N.; Ferreira Da Silva, D.; Damasio De Faria, F. Improving yield of vegetables by using soilless micro-garden technologies in peri-urban area of North-East Brazil. *Acta Horticulturae.* 747:57-65. 2007.

Gianquito, G.; Tei, F. Orticoltura Urbana nei Paesi in Via di Sviluppo: ruolo multifunzionale, sistemi colturali e prospettive future. *Italus Hortus*. 17(4):71-97. 2010.

Gil, A.C. *Métodos e técnicas de pesquisa social.* São Paulo. Atlas, 1994.

Gouveia, N. *Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental*. Saúde soc., v. 8, n. 1. São Paulo, p. 49-61. 1999.

Jasionkowski, R.; Lewandowska-Czarnecka, A. The Potential of Urban Agriculture for Sustainability of Cities in Poland. *Ecological Questions*. p. 59-64. 2016.

Kania A.; Mioduszewska M.; Płonka P.; Rabiński J.A.; Skarżyński D.; Walter E.; Weber-Siwirska, M. Rules of design and construction of green roofs and vertical gardens. Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć. *Energie Cites*. Kraków. 2013.

Kibert, C.J. *Sustainable Construction. Green Building Design and Delivery*. John Wiley e Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2008.

Machado, A.T.; Machado, C. T. T. *Agricultura Urbana. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Planaltina, DF. p. 25. 2002.

Mascaró, J.J.; Acunha, B. V.; Paggotto, N. P. Agricultura Urbana e Infraestrutura Sustentável: A situação no Brasil e em Portugal. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*. v. 05, n. 30, p. 13-28, 2017.

Mathias, M. Chronicles the Development of Hydroponics and NFT Technology in Brazil, and Profiles Three Successful Salad Producers with Different Market Approaches. *Practical Hydroponics & Greenhouses*. p. 33-40. 2008.

Montero, J.L.; Salas, M.C.; Mellado, P. Hydroponic Pergola as an Example of Living Furniture in Urban Landscape. *Acta Horticulturae*. 881:355-358. 2010.

ONU – *Organização das Nações Unidas. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. 2018. Disponível em: https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf Acesso em: 20 Jun 2018.

Orsini, F.; Fecondini, M.; Mezzetti, M.; Gianquinto, G. Simplified hydroponic floating systems for vegetable production in Trujillo, Peru. *Acta Horticulturae*. 881:157-162. 2010.

Palej, A. Farmy miejskie - przedsięwzięcia wspomagające strategie zrównoważonego rozwoju miast. Czasopismo Techniczne. *Architektura*. r. 107, z. 6-A/2, p. 39-44. 2010.

Pascale, L.; Orsini, F.; Gianquinto, G. AGRIlive: Modular Hydroponic Online Supported Gardens for Zero Km Agriculture. Proc. XIth Intl. People Plant Symposium on Diversity: Towards a New Vision of Nature. Eds.: S.A. Park and C. Shoemaker. *Acta Horticulturae*. 1093, ISHS 2015.

Pinheiro, P. E. P.; Alexandre, F.; Silva, S. A. S.; Pinheiro, A. N. P.; Ferreira, U. B. Horta com Estrutura Protegida: Alternativa de produção Agroecológica. *Cadernos de Agroecologia*. v. 10, n. 3, 2016.

Pinto, R.S.B.F.F. Hortas Urbanas: Espaço para o Desenvolvimento Sustentável de Braga. 2007. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Municipal*) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2007.

Salvador, A.D. *Métodos e técnicas de pesquisa bibliográfica.* Porto Alegre. Sulina, 1986.

Schunck, E.; Oster, H. J.; Barthel, R.; Kiessl, K. *Roof Construction Manual. Pitched Roofs*. Birkhäuser Edition Detail, 2003.

Sznajda-Birnfeld, E.; Pływaczyk, A.; Skarżyński, D. *Green roofs*. Sustainable water management in urban areas. Zielone dachy. Zrównoważona gospodarka wodna na terenach zurbanizowanych Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław. 2012.

UNFPA. *State of World Population 2007 - Unleashing the Potential of Urban Growth*. 2007. Acesso em: 26 Jun 2018. Disponível em: https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/695_filename_sowp2007_eng.pdf

UNRIC. *Relatório da ONU mostra população mundial cada vez mais urbanizada, mais de metade vive em zonas urbanizadas ao que se podem juntar 2,5 mil milhões em 2050*. 2018. Acesso em: 1 Jul 2018. Disponível em: https://www.unric.org/pt/actualidade/31537-relatorio-da-onu-mostra-populacao-mundial-cada-vez-mais-urbanizada-mais-de-metade-vive-em-zonas-urbanizadas-ao-que-se-podem-juntar-25-mil-milhoes-em-2050

Van De Beek, A.; Kroll, S.; Oei, P. *Building with green and light. Ki Plant Concept* B.V., Aalsmeer, The Netherlands. 128p. 2010.

Walkow, M. *Ecosystem services – unused potential of cities*. Fundacja Sendzimira, Warszawa. 2012.

Wilkin, J. *Food security – theoretical concepts and institutional conditions for implementation*. Uniwersytet Warszawski, Warszawa. 2010

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# **URBANISMO SUSTENTÁVEL:** ANÁLISE DO CONTEXTO HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO

**Letícia Regina Pereira Banhara**
URI Campus de Erechim. Endereço: RS 331, n 345, CEP: 99700-000, Erechim-RS
E-mail leti_0905@hotmail.com

**Ivana Karine Aver**
URI Campus de Erechim. Endereço: RS 331, n 345, CEP: 99700-000, Erechim-RS
E-mail ivanakarine@yahoo.com.br

***Resumo***. *O presente artigo busca tratar da situação da organização das cidades industriais e as condições sociais e sanitárias da população que motivaram o pensamento urbanístico e higienista no século XX. A partir deste momento passa-se a buscar por qualidade de vida e lazer nas cidades. Como proposta urbanística destacamos o projeto de "embelezamento" de Paris desenvolvido por Haussmann e o plano de expansão de Barcelona implementado por Cerdá. Após a metade do século XX surgiram debates sobre uma relação sociedade/natureza que respeitaria o meio ambiente. É neste contexto que começam a nascer definições de desenvolvimento sustentável, que busca reestruturar o ambiente construído de uma maneira que garanta qualidade de vida e estimule um estilo de vida saudável e sustentável.*

***Palavras chave:*** *urbanismo, sustentável, cidades.*

***Abstract***. *This article deals with the situation of the organization of industrial cities and the social and sanitary conditions of the population that motivated urbanistic and hygienist thinking in the 20th century. From this moment on, one searches for quality of life and leisure in the cities. As an urban proposal we highlight the project of "beautification" of Paris developed by Haussmann and the plan of expansion of Barcelona implemented by Cerdá. After the middle of the 20th century, there were debates about a society / nature relationship that would respect the environment. It is in this context that definitions of sustainable development begin to emerge, which seek to restructure the built environment in a way that guarantees quality of life and stimulates a healthy and sustainable lifestyle.*

***Key words:*** *urbanism, sustainable, cities.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a Revolução Industrial, o rápido crescimento das cidades produz uma transformação no núcleo urbano. Surgem em grande escala problemas como desordem, epidemias, poluição e falta de saneamento básico. Neste contexto começam a surgir propostas de planejamento urbano que trouxeram diferentes conceitos para a relação homem-cidade, principalmente para recuperar a qualidade de vida (RIBEIRO et. al., 2016).

Propostas como "embelezamento" de Paris desenvolvido por Haussmann e o plano de expansão de Barcelona criado por Cerdá são exemplos da busca pela modernização, salubridade e a melhora na qualidade de vida.

Os desafios para melhorar a relação entre cidade e natureza continuam, e cada vez mais torna-se necessário que a sociedade busque repensar onde e como vive, trabalha, se diverte e consume. O presente artigo, buscou identificar e destacar conceitos e atributos que auxiliam a implementação do urbanismo sustentável.

## 2. O AMBIENTE DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Para Benevolo (2015), a Revolução Industrial foi enquadrada entre as passagens fundamentais da história humana. O autor destaca ainda que os economistas da época ensinavam a limitar a intervenção pública em todos os setores da vida social, e também no urbanístico. Deste modo, a classe dominante investiu no campo imobiliário usufruindo da liberdade de iniciativa privada, aproveitando a desordem urbana. A partir daí, surgem problemas como o

congestionamento do tráfego e a insalubridade, tornando intolerável a vida das classes pobres, e posteriormente ameaçando o ambiente de todas as classes sociais.

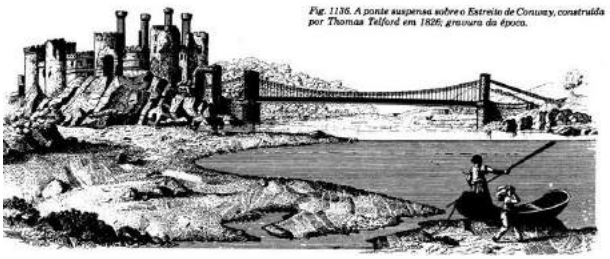



Figura 01. A Ponte suspensa sobre o Estreito de Conway, construída por Thoas Telford em 1826.
Fonte: Benevolo (2015)

O rápido crescimento das cidades produziu uma transformação no núcleo urbano. De acordo com Benevolo (2015), os centros das cidades passam a abrigar uma população cada vez mais crescente, resultando em ruas estreitas devido ao aumento do trânsito, casas mais compactadas devido à especulação imobiliária e condições sanitárias inexistentes. Assim, gradualmente as classes abastadas abandonam o centro e se estabelecem nas periferias.

Na periferia industrial, Benevolo (2015) destaca que os indivíduos não desejavam integrar-se à cidade. As famílias ricas tendem a viver o mais possível isoladas. As classes abastadas querem ficar longe da desordem, das precárias condições sanitárias, das doenças e da poluição urbana.

Figura 02. Os bairros pobres de Londres, sob os viadutos ferroviários; gravura de Gustave Doré de 1872.
Fonte: Benevolo (2015)

Segundo Ribeiro et al (2016) esse período ficou conhecido como “liberal”, tendo em vista que a expansão urbana era norteada por investimentos e interesses privados e não existiam legislações para orientar o padrão de ocupação urbana.

Lamas (2014) destaca que a situação das urbanizações e as condições sociais e sanitárias da população motivaram o pensamento urbanístico e higienista no século XX.

Figura 03. Uma rua de um bairro pobre de Londres; gravura de Gustave Doré de 1872.
Fonte: Benevolo (2015)

A partir daí o processo de evolução do urbanismo passou a englobar também conceitos e práticas voltadas para o atendimento de expectativas de grupos sociais emergentes (CESAR et al, 2003). Entre as novas demandas, estavam a inclusão da temática da qualidade de vida e do lazer nos planos urbanísticos.

De Acordo com Ribeiro et al (2016) propostas de planejamento urbano trouxeram diferentes conceitos para a relação homem-cidade, principalmente a necessidade de espaços verdes nas áreas urbanas como forma de recuperar a qualidade de vida. O caráter higienista das propostas urbanísticas para resolver os problemas da cidade industrial, refletem a preocupação com a poluição atmosférica e epidemias, buscando garantir a ventilação, insolação e harmonia estética nos espaços públicos.

### 1.1 Paris de Haussmann

Como proposta urbanística Panerai (2013) destaca o projeto de "embelezamento" de Paris desenvolvido por Haussmann, que utilizou como argumento técnico a modernização e a salubridade e, acima de tudo, a melhoria das condições de moradia, transporte e infraestrutura.

Panerai (2013) ressalta que Haussmann trabalhou dentro de um espaço em grande parte já estruturado. A antiga cidade medieval, com traçado orgânico e ruas estreitas, foi cortada por grandes eixos e contornada por um anel viário (MARQUES, 2012). São criadas praças com monumentos e vários boullevard e um novo elemento urbano, o carrefour (rotatória). De acordo com Zanatta (2013) são abertos mais de 95 km de ruas e avenidas, também são criados aquedutos, rede de esgoto, rede de transporte público e nova estrutura administrativa.

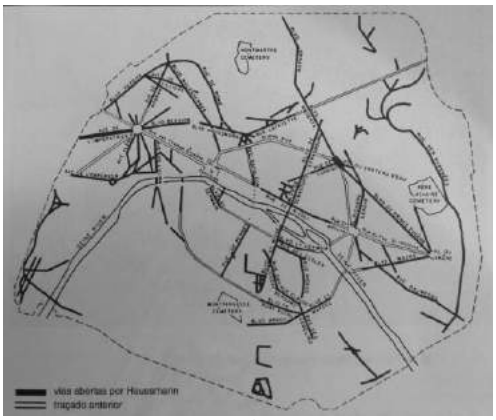



Figura 04. As transformações de Paris
Fonte: Panerai (2013)

As transformações de Haussman em Paris, obedecem um triplo objetivo: circulação fácil dentro da cidade; eliminação da insalubridade, criando uma cidade com luz, espaço e arborização e nova arquitetura urbana; revalorização e reenquadramento dos monumentos, unindo-os através de eixos viários. As intervenções são fundamentais para a Paris de hoje e será exportada para outras cidades europeias (LAMAS, 2014).

### 1.2 Barcelona de Cerdá

De acordo com Lamas (2014) o forte crescimento econômico e cultural da Catalunha fez surgir a necessidade de um plano de expansão da capital, Ildefonso Cerdá é encarregado pelo rei da execução deste plano. O plano desenha uma grelha ortogonal, com módulos ou quarteirões de 113 metros de lado e vias de 20 metros de perfil, de tal modo que cada conjunto de nove quarteirões e vias se corresponde a um quadrado de 400 metros de lado.

Figura 05. O plano urbanístico de Barcelona.
Fonte: Lamas (2014)

Esse sistema é cortado por diagonais que confluem numa grande praça. As diagonais são desenhadas sobrepondo-se ao plano quadriculado e fazendo surgir quarteirões irregulares e outros largos ou praças. Para a ocupação da malha quadriculada foi proposta duas opções: Na primeira as construções não excederiam dois terços da superfície do quarteirão, os blocos seriam paralelos e no espaço entre eles se criaria corredores arborizados; na segunda opção, os edifícios poderiam ser em "L" ou com quatro "LL" formando uma praça no cruzamento de duas vias (LAMAS, 2014).

Figura 01. Esquema simplificado das formas dos quarteirões propostos por Cerdá.
Fonte: Lamas (2014)

O Plano de Cerdá retirou Barcelona do medievalismo, dando à mesma um aspecto moderno nunca realizado por outros urbanistas. Ildefonso Cerdá desejava uma cidade homogênea, ao contrário do Plano Haussmann, de Paris, que destacava elementos arquitetônicos relacionados por eixos. Em Barcelona, ele buscava uma cidade sem hierarquias, uma cidade que pudesse ser expandida quase que ao infinito e em que houvesse, no mínimo, duas alternativas de circulação (BUDNAK et al, 2014).

## 2. URBANISMO SUSTENTÁVEL

Silva (2015) destaca que em tempos atuais a maioria das sociedades enfrenta a desalentadora e angustiante perspectiva de crescente caos urbano, decorrente do obsoleto e contraditório modelo de ocupação urbana implementado desde a era industrial.

Na metade do século XX surgiram debates sobre uma relação sociedade/natureza que respeitaria o meio ambiente. Mas é somente a partir da década de setenta que estudiosos, principalmente nos Estados Unidos, começaram a testar modelagens de espaços urbanos para esse fim. Nas últimas décadas, definições de desenvolvimento sustentável contribuíram para o avanço da abordagem ambiental no urbanismo (CESAR et al, 2003).

Farr (2013) destaca que a sociedade precisa repensar onde e como vive, trabalha, se diverte e compra. "O urbanismo sustentável é aquele com um bom sistema de transporte público e com a possibilidade de deslocamento a pé integrado com edificações e infraestrutura de alto desempenho" (Farr, 2013).

O urbanismo sustentável deriva de três movimentos de reforma do final do século XX: os movimentos do crescimento urbano inteligente, o Novo Urbanismo e as construções sustentáveis. "O urbanismo sustentável chama a atenção para a oportunidade enorme de redesenhar o ambiente construído de uma maneira que sustente uma maior qualidade de vida e promova um estilo de vida saudável e sustentável" (FARR, 2013).

Farr (2013) considera que para implantar o urbanismo sustentável é necessária uma grande unificação, onde o projeto e o empreendimento dos assentamentos humanos tenham que estar integrados. Deste modo, Farr (2013) demostra como configurar o ambiente construído para o benefício dos seres humanos e da natureza, priorizando o pedestre e os ciclistas:

- Bairros com centros e limites bem definidos: estimulam a mudança de comportamento. O tamanho limitado de um bairro aumenta o reconhecimento entre os moradores, os círculos de relações, aumentar a conveniência e a viabilidade de negócios com comerciantes locais.
- Compacidade: o aumento da densidade reduz a distância do deslocamento e pode reduzir a compra e o uso de automóveis, substituindo o uso de carro por caminhadas a pé.
- Completude: o bairro deve satisfazer todas as necessidades diárias a pé. O urbanismo sustentável prevê que com um excelente desenho urbano, as pessoas irão preferir satisfazer suas necessidades a pé.
- Conectividade: busca oportunizar passeios adequados, bom serviço de transporte público, ruas mais largas, redução da velocidade dos automóveis nos bairros, etc.
- Corredores de sustentabilidade: possibilitar um grande e eficiente serviço de transporte público. Permitindo um estilo de vida independente de automóveis.
- Biofilia: Conectar os seres humanos à natureza.
- Edificações de alto desempenho: incentivar a melhoria do desempenho ambiental das edificações, principalmente quanto ao consumo de energia e redução do tamanho das edificações.
- Projeto integrado: reunir profissionais de diversas áreas para integrar, de forma eficiente, os sistemas humanos e naturais.

O autor ainda destaca questões importantes para o urbanismo sustentável, como o uso compartilhado do automóvel, sistemas de coleta e reuso de água da chuva, a produção de alimentos nas próprias comunidades e tecnologia. Farr

(2013) destaca que para implantar o urbanismo sustentável é necessário criar um mercado de bens e serviços, derrubar as barreiras da era do petróleo e criar campanhas para incentivo e implementação do mesmo.

Bairro Pedra Branca, munícipio de Palhoça/SC.
Fonte: http://arqcidade.blogspot.com/2010/06/urbanismo-sustentavel.html

Com base nos ideais de urbanismo sustentável, pode-se citar a cidade de Palhoça, pode-se citar a cidade de Palhoça no estado de Santa Catarina com uma nova proposta urbanística que busca fugir da ideia dos condomínios fechados e integrar-se à cidade (MEURER, 2010). O bairro Pedra Branca é um exemplo, por ser constituído de núcleos projetados de forma a permitir que moradores e usuários acessem a pé a zona comercial, o teatro, o anfiteatro e o centro cultural. Pedestres e ciclistas receberam tratamento privilegiado. O que mostra a preocupação com a relação bairro-cidade.

## 3. CONCLUSÕES

O desafio das cidades é conciliar o crescimento com o desenvolvimento, pois este último implica na melhoria da qualidade de vida. Outro desafio para as cidades é compatibilizar o atual crescimento acelerado com a sustentabilidade. Neste contexto surge o urbanismo sustentável, que questiona a sociedade quanto a forma como e onde vive, trabalha, se diverte e compra. Também busca reestruturar o ambiente construído de uma maneira que garanta qualidade de vida e estimule um estilo de vida saudável e sustentável. Contudo, para a implementação do urbanismo sustentável torna-se necessário estabelecer um mercado de bens e serviços que seja acessível a todos, estimular a substituição do petróleo por fontes de energias sustentáveis e criar campanhas para incentivo e popularização do mesmo.

## 4. REFERÊNCIAS

Benevolo, L., 2015. *História da cidade*. Perspectiva, São Paulo, 6ª edição.

Cesar, L. P. M.; Cidade, L.C.F., 2003. “IDEOLOGIA, VISÕES DE MUNDO E PRÁTICAS SOCIOAMBIENTAIS NO PAISAGISMO”. *Sociedade e Estado*, Vol. 18, p. 115-136.

Budnak, A. S.; Esser, M. S.; Fiorentin, E. G.; Marcilio, B.; Santos, T. P.; Dias, S. I. S., 2014. “BARCELONA/ES: ÊXITO NO PLANEJAMENTO URBANO”. In *12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional, 2014*. Cascavel, Brasil.

Farr, D., 2013. *Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza*. Bookman. Porto Alegre, 1ª edição.

Lamas, J.M.R.G, 2014. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 7ª edição.

MEURER, F.; BRUH, J.; TONDELO, P., 2010. "Urbanismo sustentável". Disponivel em: < http://arqcidade.blogspot.com/2010/06/urbanismo-sustentavel.html>. Acesso em: 12 Ago. 2018.

Panerai, P., 2013. *Formas urbanas: a dissolução da quadra*. Bookman, Porto Alegre, 1ª edição.

Ribeiro, R.A.; Gonçalves, L.M., 2016. “Sustentabilidade ambiental nas cidades contemporâneas: uma análise do significado do verde um século após o modelo de cidade jardim”. *ANAP Brasil*, Vol. 9, p. 70-81.

SILVA, G.J.A.; ROMERO, M. A. B., 2015. "NOVOS PARADIGMAS DO URBANISMO SUSTENTÁVEL NO BRASIL: A REVISÃO DE CONCEITOS URBANOS PARA O SÉCULO XXI". Disponível em: < https://teturaarqui.wordpress.com/2011/03/10/2607/ >. Acesso em: 10 Ago. 2018.

ZANATTA, M. L., 2013. "Haussmann e o Plano para Paris". Disponível em: <https://arquiteturaturmaa08.files.wordpress.com/2013/05/10_haussmann-e-o-plano-de-paris.pdf>. Acesso em 10 Ago. 2018.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MOBILIDADE URBANA EM ERECHIM-RS: ANÁLISE DE VIABILIDADE DE CICLOVIA NO BAIRRO CENTRO

**Natália Moretto Basso**
**Daiane Cláudia Biasi Miranda**
**Emanuela Aparecida Jaskulski**
**Bianca do Amaral Esmelindro**
**Mariele Zawierucka Bressan**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
E-mails: nataliabasso.17@gmail.com; daiane97miranda@gmail.com; emanuelajaskulski21@gmail.com; biaaesmelindro@gmail.com; mzbressan@yahoo.com.br

***Resumo.*** *A dificuldade para se deslocar nos grandes centros urbanos é uma problemática derivada do rápido desenvolvimento das cidades, o qual não foi acompanhado pela infraestrutura urbana. O planejamento urbano ineficiente de uma cidade favorece a utilização de meios individuais de transporte, consequentemente aumentando o fluxo de veículos nas vias. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar a viabilidade da implantação de uma ciclovia no bairro Centro da cidade de Erechim-RS e também o perfil dos moradores da cidade perante ao uso de ciclovias e meios alternativos de deslocamento. Para tanto, foi realizada uma pesquisa online para analisar as características das pessoas e como elas se posicionam quanto ao uso de bicicletas e à ciclovia existente na cidade. Os resultados mostraram que a ausência de ciclovia prejudica o deslocamento com bicicletas, e a implementação da mesma no bairro Centro é viável para diminuir o fluxo de veículos.*

***Palavras-chave:*** *mobilidade urbana, infraestrutura, ciclovia.*

## 1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana consiste na movimentação das pessoas nas cidades e tornou-se uma problemática nos grandes centros urbanos devido à dificuldade de deslocamento. No Brasil, essa dificuldade tem afetado negativamente a economia, o meio ambiente e a qualidade de vida da população (Reis, 2014).

A dificuldade de deslocamento é consequência da rápida urbanização do país, a qual não foi concomitante ao investimento em infraestrutura, provocando aumento dos congestionamentos no trânsito das cidades grandes e deterioração dos serviços de transporte público (Vianna, 2013). Entre 2002 e 2012, conforme dados do Observatório das Metrópoles (2016), a população brasileira aumentou 12,6% enquanto o número de veículos cresceu 138,6%. Esses dados comprovam que sem um planejamento urbano eficiente, a população procura medidas individuais de transporte, aumentando exponencialmente o fluxo de veículos nas vias públicas, prejudicando a mobilidade urbana.

A cidade de Erechim, localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, alvo de estudo deste trabalho, possui 102.906 habitantes (IBGE, 2016). A malha urbana da cidade, diferentemente das demais cidades da região, foi previamente planejada antes da sua implantação. O traçado da cidade assemelha-se com os das cidades de Washington, Paris, Buenos Aires e Belo Horizonte (Salvi et al, 2016).

Segundo Fünfgelt (2004, apud Salvi et al., 2016), a malha xadrez da cidade de Erechim foi criada a partir da avenida principal, com quadras de dimensões regulares, entrecortadas por quatro avenidas diagonais à malha principal, resultando em quadras triangulares. Assim, diz-se que a cidade foi projetada com a função de trafegar, com ruas que definem a organização da mesma.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a situação atual da mobilidade urbana na cidade de Erechim, a qual se encontra com um intenso fluxo de veículos. Além disso, estudar a viabilidade da implementação de uma ciclovia no bairro Centro, cujo projeto já foi realizado como parte do Projeto de Requalificação Urbana de Erechim, e analisar como ela afetaria a mobilidade urbana da cidade.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância da Mobilidade Urbana para as cidades

O processo de urbanização no Brasil começou em meados do século XX; até então, a vida urbana tinha somente funções administrativas a fim de manter a ordem e coordenar a produção agrícola. Na década de 50, em consequência da industrialização, o homem rural percebe melhores oportunidades de ganhos na cidade, desencadeando o crescimento desenfreado dos centros urbanos (Ribeiro, 2008).

Historicamente, na maioria das cidades brasileiras, percebe-se que o transporte público não tem conseguido atender satisfatoriamente as demandas da população (Só, 2017). Segundo Reis (2013, apud Só, 2017), os sistemas de transporte no Brasil são ineficientes, uma vez que as cidades não são capazes de atender à demanda de forma adequada, e as pequenas cidades não são capazes de atender a população.

Um plano de mobilidade urbana qualificado é de suma importância para os moradores de uma cidade; a redução do tempo entre viagens permite um melhor acesso aos serviços dos centros urbanos. Já um planejamento deficiente resulta em uma mobilidade prejudicada, reduzindo os investimentos locais, dificultando a gestão governamental e o acesso a serviços essenciais como a saúde, a educação e a segurança (Vianna, 2013).

Uma mobilidade urbana eficiente também resultaria em aumento de produtividade. A redução do tempo no trânsito afetaria positivamente a produtividade, tanto pelo aumento potencial da produção, quanto pela maior disposição ao reduzir a fadiga relativa ao excesso do tempo de deslocamento. Além disso, a distribuição de renda também seria influenciada pela melhora da mobilidade, diminuindo o tempo gasto nas distâncias percorridas e, consequentemente, proporcionando mais vantagens e oportunidades de trabalho. (Vianna, 2013).

Os benefícios de uma melhor mobilidade afetam as condições de saúde e educação. O acesso facilitado aos serviços públicos permite um maior contato com os locais que fornecem esses serviços, aumentando a população atendida. Além dos benefícios à população, o planejamento da mobilidade também tem muita influência no meio ambiente. A emissão de gases poluentes diminuiria em decorrência de menores tempos de deslocamento (Vianna, 2013).

### 2.2 Desafios e soluções para a Mobilidade Urbana

O aumento da concentração da população nos centros urbanos tornou-se um desafio constante para os gestores públicos na provisão da infraestrutura adequada para suportar o adensamento urbano. Nesse contexto, cresce a necessidade do planejamento das cidades, assegurando a qualidade de vida da população. Com o crescimento exponencial das cidades em oposição à infraestrutura de serviços, como o transporte, o saneamento, a segurança, a saúde e a educação, constatam-se problemas como a dificuldade de mobilidade urbana (Nobre, 2014).

No atual cenário do brasileiro, a realização de estudos e de obras em infraestrutura está diretamente ligada à disponibilidade de verbas federais. Após décadas de investimentos insuficientes nos sistemas de transporte, os recursos necessários para a solução desses problemas superarão os recursos disponíveis. Nesse caso, cada cidadão pode contribuir para a redução desse problema, abrindo mão do transporte individual em prol do transporte coletivo (Nobre, 2014)

Um dos principais fatores para solucionar boa parte dos problemas de mobilidade nas cidades é o planejamento urbano. No Brasil, as cidades se desenvolveram e cresceram com pouco ou nenhum planejamento. A partir da implantação adequada dos instrumentos do planejamento urbano é possível alcançar o equilíbrio entre a sociedade, a economia e o ambiente natural e proteger a qualidade de vida dos habitantes e o planeta (Oliveira e Pereira, 2015).

Segundo Reis (2014), o processo do planejamento urbano deve passar por: criação de vias troncais concatenadas com as demais vias, racionalização do tráfego mediante estabelecimento de regras para acessos, estacionamentos e horários, concentração regional de atividades, construção de ciclovias protegidas, indução da desconcentração de atividades ao longo do dia e uma política eficaz de implantação de calçadas com largura adequada.

### 2.3 O impacto da ciclovia na mobilidade urbana

Eleita o meio de transporte mais ecologicamente sustentável pela ONU, em 2007, a bicicleta é muito utilizada em países europeus; já no Brasil, a sua utilização cresce lentamente. O que diferencia os cenários europeu e brasileiro é a forma como os sistemas foram implementados. Nos países europeus, a prática da mobilidade, por meio de bicicletas, teve início há muito tempo; no Brasil, apenas nos últimos anos surgiu a iniciativa de introduzir as ciclovias como meio de transporte (Mensch, 2015).

A inclusão do modal cicloviário em meio a um contexto urbano de predominância da locomoção individual motorizada possui vantagens em relação aos outros meios de transporte. A bicicleta demanda um custo por quilômetro equivalente a menos de 1/6 das despesas referentes a um veículo. Essa vantagem foi averiguada por meio de um estudo, que fez uma comparação do custo modal cicloviário em rotas curtas do Rio de Janeiro e de Porto Alegre com os dados da Agência nacional de Transportes Públicos para outros modais (Coelho et al., 2011, apud Mensch, 2015). A seguir, apresentam-se alguns exemplos de cidades em que o uso de bicicletas e ciclovias é amplamente utilizado.

Uma das cidades em que as bicicletas são amplamente utilizadas é Amsterdã, na Holanda, onde aproximadamente metade da população utiliza a bicicleta em decorrência de décadas de investimentos em infraestrutura para viabilizar esse meio de transporte. Atualmente, a cidade conta com mais de 400 km de ciclovias sinalizadas e com bicicletários. Na Estação Central (Fig. 1), por exemplo, o bicicletário comporta mais de oito mil bicicletas, as quais também podem ser transportadas nas redes ferroviária e metroviária (Reis, 2014).

Figura 1. Ciclovias em Amsterdã e Estação Central em Amsterdam

Dentre as cidades brasileiras que possuem um sistema de bicicletas está o Rio de Janeiro. O sistema carioca, nomeado SAMBA (Solução Alternativa de Mobilidade por Bicicleta), iniciou como parte de um projeto municipal de planejamento cicloviário denominado "Bike Rio", apoiado pelo banco Itaú. O SAMBA conta com 60 estações e 600 bicicletas espalhadas em dez bairros. Em 2011, a prefeitura do Rio registrou 350 km de ciclovias implantadas e 150 km em estudo de implantação (Mensch, 2015). Na Fig. 2 pode-se ver as ciclovias existentes, em execução e as projetadas.

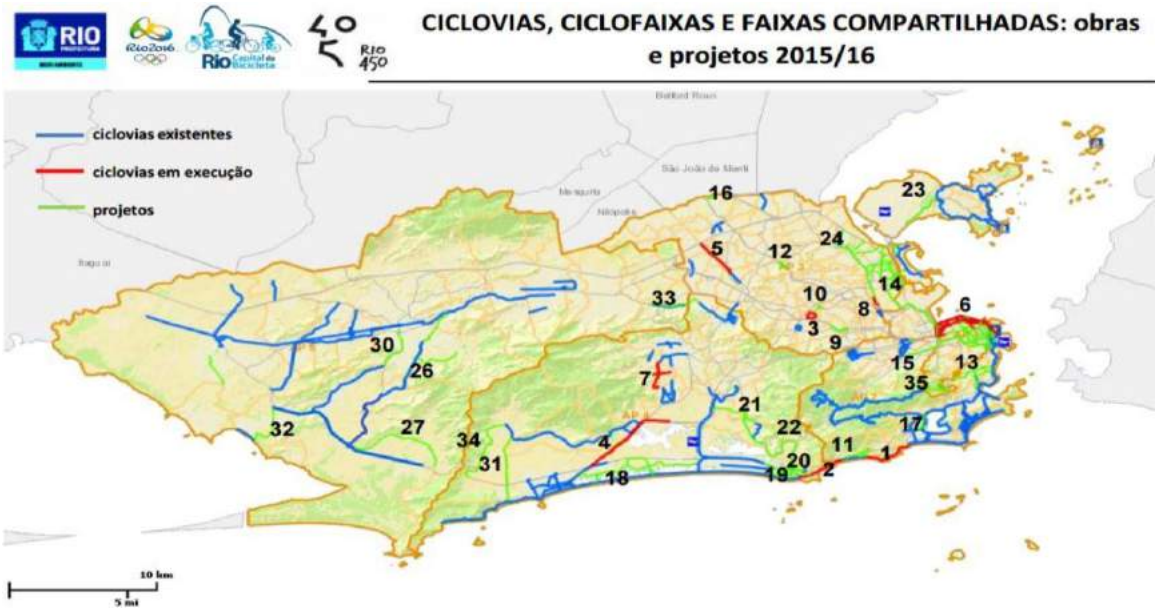



Figura 2. Mapa das ciclovias do Rio de Janeiro

## 3. METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado para a realização desse trabalho é caracterizado como descritivo, com a coleta de dados realizada por meio de procedimentos como questionários ou análise de documentos. Chizzotti (2001) entende o estudo descritivo como aquele que apresenta descritivamente as características do universo pesquisado, buscando melhor entender o seu funcionamento.

O instrumento de coleta de dados consistiu em um questionário composto por dez questões abertas e fechadas, que englobaram aspectos referentes a características sociodemográficas, posse e frequência de uso de bicicletas, importância da ciclovia do parque Longines Malinowski e de uma nova ciclovia no bairro Centro.

O questionário foi elaborado na plataforma Google Forms, em versão online, e o contato com os participantes foi realizado via redes sociais. A análise dos dados baseou-se em procedimentos de estatística descritiva. Por outro lado, a análise das informações obtidas por meio das questões abertas foi baseada na metodologia de Análise de Conteúdo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa, realizada gratuitamente em meio virtual, contou com 69 respostas, predominantemente de mulheres (65,2%). Quanto à faixa etária, a pesquisa revelou que 46,4% das pessoas correspondem a idades entre 21 a 35 anos, 27,5% entre 36 e 50 anos, 14,5% entre 13 a 20 anos e 11,6% com mais de 51 anos. Em relação ao bairro onde moram, a pesquisa relatou que 30,43% das pessoas moram no bairro centro, 7,25% moram no bairro Espírito Santo, o qual é adjacente ao bairro Centro. As demais porcentagens, que representam outros bairros, podem ser vistas no infográfico.

Além disso, foi constatado que 50,7% das pessoas possuem uma bicicleta; porém, 65,2% não andam de bicicleta regularmente. Com relação ao motivo pelo qual andam de bicicleta, 68,6% das pessoas andam por lazer, 25,7% andam para praticar um esporte, 2,9% para ir ao trabalho e 2,9% para ir à escola ou faculdade.

No que se refere à importância da ciclovia existente no Parque Longines Malinowski, para 31,9% das pessoas a mesma é irrelevante, para 27,5% é pouco importante e apenas 21,7% julga muito importante. Caso houvesse uma ciclovia no bairro Centro, 33,3% das pessoas a utilizaria somente de vez em quando, 26,1% das pessoas a utilizariam 1 a 2 vezes por semana, 21,7% a utilizariam de 3 a 5 vezes por semana, 15,9% nunca usaria a ciclovia e somente 2,9% a utilizaria 7 dias por semana.

Dos fatores que prejudicam o deslocamento de bicicleta, a ausência de ciclovia lidera a pesquisa, com 25,7%, seguida pelo trânsito intenso, com 18,7%. Com isso, enfatiza-se a importância da implantação de ciclovias na cidade e, também, o incentivo ao uso das bicicletas como meio de transporte para diminuir o fluxo de veículos particulares. A falta de segurança e a falta de respeito dos motoristas em relação aos ciclistas ocupam a terceira e a quarta posição com 14,7% e 13,2%, respectivamente. Com a implantação de ciclovias na cidade, as pessoas que se locomovem com bicicletas conseguem ter mais segurança.

Outros fatores a serem considerados, que também influenciam o uso da bicicleta como meio de transporte, são o relevo da cidade, que é íngreme em algumas partes, e a distância de deslocamento. No entanto, no centro da cidade, onde o trânsito de veículos motorizados é muito intenso, o relevo não é tão acidentado a ponto de inviabilizar a implantação de uma ciclovia; isso, de fato, ajudaria a diminuir o fluxo de veículos.

Além disso, vale ressaltar que a ligação da ciclovia central com as ciclovias dos bairros adjacentes melhoraria a mobilidade urbana da cidade, conferindo mais segurança aos usuários que saem dos bairros até o centro de bicicleta. A conscientização dos motoristas e pedestres em relação aos ciclistas e o incentivo do uso da bicicleta como meio de transporte deve ser promovida pela prefeitura municipal.

Quanto à distância de deslocamento, em algumas situações, realmente, é inviável se deslocar de bicicleta. Nesse caso, cabe ao poder público investir e incentivar o uso do transporte público coletivo, consequentemente reduzindo a quantidade de veículos e as emissões de gases estufa, e contribuindo para a qualidade de vida da população. Abaixo, na Fig. 3, tem-se um infográfico com todas as informações obtidas com a pesquisa online.

Figura 3. Infográfico: Ciclovias em Erechim-RS: o perfil do cidadão

### 4.1 Projeto Existente

O projeto existente de implantação de uma ciclovia na Avenida 7 de Setembro, em Erechim, foi concebido juntamente ao Projeto de Lei Cidade Limpa, que foi uma parceria realizada entre a Prefeitura de Erechim, a Câmara de Dirigentes Lojistas (CDL) e o Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB), e faz parte do processo de Requalificação do Centro Comercial Histórico de Erechim. O projeto de lei, aprovado em 2015, ainda não foi executado pela Prefeitura de Erechim.

O projeto consiste na implantação de uma ciclovia adjacente aos canteiros da Av. 7 de Setembro, nos dois sentidos da via. A ciclovia foi projetada desde a Praça da Bandeira, em frente à Prefeitura, no começo da avenida, até o Estádio Colosso da Lagoa, no fim, totalizando 4.587 metros lineares.

Destaca-se, principalmente, a importância deste projeto, já que busca facilitar o deslocamento no centro da cidade, proporcionando aos moradores não apenas uma alternativa de deslocamento em oposição ao veículo particular, mas também benefícios à qualidade de vida da população. Além disso, como objetivo desse trabalho, busca-se sugerir soluções para complementar esse projeto, propondo-se a utilização de um espaço nos canteiros centrais da avenida destinado à bicicletários para aluguel de bicicletas e também para as bicicletas particulares da população, os quais podem conter painéis solares para promover a sustentabilidade. Soluções como essas têm sido utilizadas com sucesso em cidades como Rio de Janeiro e Porto Alegre e poderia ajudar Erechim a evoluir em rumo à sustentabilidade e a uma melhoraria em suas condições de mobilidade urbana.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de uma nova ciclovia no bairro Centro da cidade de Erechim-RS é uma intervenção viável para amenizar o problema do fluxo de veículos motorizados. A partir da pesquisa realizada, buscou-se descobrir qual é o panorama da cidade quanto à utilização de bicicletas como meio de transporte. Como mencionado anteriormente, a introdução da cultura do incentivo ao uso de bicicletas foi tardia, e a pesquisa comprova esse fato, já que a maioria dos entrevistados não anda de bicicleta regularmente.

Destaca-se, também, a importância da ciclovia, pois a sua ausência e o trânsito intenso são os principais motivos que prejudicam o deslocamento de bicicleta. Além disso, a segurança dos usuários é de suma importância; logo, a utilização correta da ciclovia e as placas de sinalização são aspectos indispensáveis que a garantem.

Sendo assim, o investimento na infraestrutura urbana de Erechim é imprescindível para que os moradores possam usufruir das ciclovias, contribuindo, assim, para diminuir a poluição dos veículos e o sedentarismo. Desse modo, a mobilidade urbana associada à utilização de ciclovias contribui para melhorar a qualidade de vida da população.

## 6. REFERÊNCIAS

Chizotti, A., 2001. *Pesquisa em ciências humanas e sociais*. 5. ed. São Paulo, Brasil.

Erechim. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Obras Públicas. *Implantação de ciclovia central – Avenida Sete de Setembro*. nov. 2015.

Mensch, B., 2015. *Implantação de ciclovias e ciclofaixas em um trecho urbano – estudo de caso: cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul*. 2015. Monografia – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

Nobre, L., 2014. Desafios e soluções para a mobilidade urbana. *Caderno FGV Projetos*, jun./jul. 2014. <http://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/cadernos_fgvprojetos_smart_cities_gwa_0.pdf>.

Oliveira, G. Pereira, D., 2015. Função social da cidade e o planejamento urbano. In: *Congresso Internacional de Política Social e Serviço Social: desafios contemporâneos*. Londrina, Brasil.

Reis, M., 2014. Mobilidade urbana: um desafio para gestores públicos. *Caderno FGV Projetos*, jun./jul. 2014. <http://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/cadernos_fgvprojetos_smart_cities_gwa_0.pdf>.

Ribeiro, C., 2008. *Mobilidade Urbana:Transporte público coletivo e classe trabalhadora*. Dissertação, Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, Brasil.

Salvi, A. et al., 2016. Avaliação da mobilidade urbana da cidade de Erechim/RS – Brasil em relação ao sistema de transporte público urbano: análise e discussão. In: *Seminário Internacional de Construções Sustentáveis*, 2016. Passo Fundo, Brasil.

Só, P., 2017. *Enfrentando os desafios da mobilidade urbana: um estudo de caso na Região Metropolitana da Grande Florianópolis*. Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Vianna, G., 2013. *Mobilidade urbana no Brasil: uma estimativa do produto perdido em trânsito*. Monografia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

As autoras são as únicas responsáveis pelo material incluso nesse artigo.

CONIGTI

# Ciências Contábeis: Contabilidade, Controladoria e Finanças

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MENSURAÇÃO DO PASSIVO TRABALHISTA: UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA PARA EMPRESA INDUSTRIAL

**Fabiula Witschoreck Cecato**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
fabi_cecat@hotmail.com

**Aldecir Jose Theodoro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
aldecir@uri.com.br

**Idionir Scalabrin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

**Edson Luis Kammler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
edsonkammler@uricer.edu.br

**Rodrigo André Cechett**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
cechett@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O não pagamento de forma correta ao trabalho laborado poderá acarretar em um possível passivo trabalhista. A contabilização desses passivos em desacordo com as normas contábeis pode comprometer o resultado da empresa. O presente estudo tem como objetivo identificar quanto representa o passivo trabalhista de uma empresa industrial, tendo como base as reclamatórias trabalhistas em andamento nos tribunais da Segunda, Quarta e Nona região, nos anos de 2014 a 2016. A metodologia utilizada, quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa, não existe população e amostra por se tratar de um estudo de caso. Os dados foram coletados através da análise das reclamatórias trabalhistas que tramitam nos Tribunais Regionais do Trabalho. Buscou-se com base nas reclamatórias sentenciadas determinar o tempo médio laborado pelo reclamado e a média de valores pagos para cada processo sentenciado. Pode-se então realizar uma projeção de valores dos processos que estão tramitando nos tribunais, com base nas rescisões realizadas no ano de 2016. Com isso, determinou-se o provável passivo contingente no montante de R$256.682,12. Recomenda-se que os valores apurados a título de passivo contingente sejam divulgados em notas explicativas.*

***Palavras – chaves:*** *Passivo trabalhista; Reclamatórias trabalhistas; Sentenças de mérito; Passivo contingente.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos humanos são fundamentais para o desenvolvimento das empresas. Sem a relação conjunta de trabalho entre o empregador e o empregado, o avanço econômico não poderia ser alcançado, o qual estimula a sustentação da sociedade com a geração de empregos e renda. Com o aumento da conscientização dos indivíduos em relação a seus direitos e na maioria das vezes a falta de conhecimento das práticas trabalhistas pelos empregadores, observa-se um aumento nas reclamatórias com o intuito de fazer valer o que se entende como sendo direito de cada um.

O passivo trabalhista das empresas geralmente abrange o pagamento de obrigações para com o funcionário como, por exemplo: salário, pagamento de férias, fundo de garantia entre outros. A partir do momento que não é efetuado o devido recolhimento dos encargos sociais ou descumprimento de algum direito trabalhista, poderá resultar em possíveis reclamatórias trabalhistas e prejuízos à empresa que poderiam ser evitados.

É fundamental que as empresas tenham informações e controle sobre seu passivo trabalhista, direcionando suas ações e estratégias alinhadas com as mudanças de mercado, procurando transformar ameaças em oportunidades e substituindo os padrões administrativos pela flexibilidade para adaptar-se tanto às alterações da legislação bem como do mercado ainda, implantar controles de gestão que reduzam os índices de reclamatórias trabalhistas.

O presente estudo objetiva identificar quanto representa o Passivo Trabalhista da Empresa Construtora Ltda originado das reclamatórias trabalhistas em andamento nos Tribunais Regionais do Trabalho da Segunda, Quarta e Nona região, nos anos de 2014, 2015 e 2016.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Passivo representa a origem dos recursos aplicados para o funcionamento da empresa e reúne as contas de natureza patrimonial que representam as obrigações da empresa para com terceiros, isto é, pessoas distintas à sua administração e ou ao seu quadro societário. Estas contas devem ser organizadas no passivo de acordo com a ordem decrescente de sua exigibilidade, ou seja, devem ser ordenadas de acordo com o seu prazo de realização (ou cumprimento da obrigação). Podendo ser classificado como Passivo Circulante e Passivo Não Circulante.

Segundo Iudícibus et al. (2010, p.278), Passivo Circulante é representado pelas obrigações da companhia cuja liquidação se espera que ocorra dentro do exercício social seguinte, ou de acordo com o ciclo operacional da empresa, se este for superior a esse prazo. Estas obrigações podem representar valores fixos ou variáveis, vencidos ou a vencer, em uma data ou em diversas datas futuras.

Passivo Não Circulante são as obrigações da companhia cuja liquidação deverá ocorrer em prazo superior a seu ciclo operacional, ou após o exercício social seguinte, e que não se enquadrem nas definições de passivo circulante. O registro destas obrigações deve obedecer ao princípio da competência de exercícios; assim, mesmo que determinadas obrigações não tenham a correspondente documentação comprobatória, mas já sejam passivos incorridos, conhecidos e calculáveis, deverão ser registradas por meio de provisão.

### 2.1 Conceito de passivo de contingência.

Segundo o Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC 25, item 10) passivo contingente é uma obrigação possível que resulta de eventos passados e cuja existência será confirmada apenas pela ocorrência ou não de um ou mais eventos futuros incertos não totalmente sob controle da entidade; ou uma obrigação presente que resulta de eventos passados, mas que não é reconhecida porque não é provável que uma saída de recursos que incorporam benefícios econômicos seja exigida para liquidar a obrigação; ou o valor da obrigação não pode ser mensurado com suficiente confiabilidade.

Embora a empresa não possa reconhecer um passivo contingente é necessário que este seja divulgado em notas explicativas e monitorado pela empresa, pois ele pode vir a se tornar provável e ter de ser reconhecido como uma provisão (CPC-25).

Para Iudícibus et al. (2010) as provisões representam estimativas de valores a desembolsar que, apesar de financeiramente ainda não efetivadas, derivam de fatos geradores contábeis já ocorridos. Conforme o Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC 25, item 12 e 13), todas as provisões são contingentes porque são incertas quanto ao seu prazo ou valor. As provisões são reconhecidas como passivo porque são obrigações presentes e é provável que uma saída de recursos que incorporam benefícios econômicos seja necessária para liquidar a obrigação.

Já os passivos contingentes não são reconhecidos como passivo porque são obrigações possíveis, visto que ainda há de ser confirmado se a entidade tem ou não uma obrigação presente que possa conduzir a uma saída de recursos que incorporam benefícios econômicos, ou obrigações presentes que não satisfazem os critérios de reconhecimento deste Pronunciamento Técnico.

### 2.2 Reservas para contingências

As reservas para contingências, segundo Iudícibus (2010), têm como objetivo segregar uma parcela de lucros, inclusive com a finalidade de não distribuí-la como dividendo, correspondente a prováveis perdas extraordinárias futuras, que acarretarão diminuição dos lucros (ou até o surgimento de prejuízos) em exercícios futuros.

Iudícibus et al. (2010, p.352) ainda ressalta que não se pode confundir essa Reserva para Contingências com a Provisão para Riscos Fiscais e Outras Contingências, pois a Provisão destina-se a dar cobertura a perdas ou despesas já incorridas, mas ainda não desembolsadas e que, dentro do regime de competência, devem ser lançadas no Resultado, na constituição dessa Provisão. A Reserva para Contingências é, por outro lado, uma expectativa de perdas ou prejuízos ainda não incorridos; por ser possível antevê-los e por precaução e prudência.

As perdas extraordinárias futuras podem ser cíclicas de natureza variadas, como exemplo, fenômenos naturais, que afetam as operações e a rentabilidade da empresa; na iminência de uma desapropriação dos imóveis da empresa com expectativas de perdas significativas, tanto pelo valor da indenização, ou pela perda de potencial de geração de lucros; pela expectativa de grandes paralisações temporárias e devido a substituições anormais de equipamentos ou de perspectivas anormais de escassez de matérias-primas.

### 2.3 Tipos de passivos de contingência.

O passivo de contingência pode ser classificado de três maneiras, como afirma Iudícibus et al.(2010): Quando a probabilidade de saída de recursos é praticamente certa, trata-se de um passivo genuíno. Assim, segundo a probabilidade de saída de recursos, as obrigações presentes tratadas neste capítulo devem ser avaliadas e classificadas em: provável; possível; ou remota.

Provável: a chance de um ou mais eventos futuros ocorrer é maior do que a de não ocorrer. Uma obrigação será reconhecida como passivo nas demonstrações contábeis quando for provável que ocorra o desembolso de recursos na sua liquidação e que o valor dessa liquidação possa ser mensurado com segurança, porém, não sendo possível mensurar com segurança, apenas deverá constar em notas explicativas.

Possível: a chance de um ou mais eventos futuros ocorrer é menor que provável, mas maior que remota, ou seja, quando envolver certo grau de perda por parte da empresa, deverá constar em notas explicativas.

Remota: a chance de um ou mais eventos futuros ocorrer é pequena, não é divulgado nas notas explicativas.

A divulgação de contingências em notas explicativas aumentará a transparência no mercado, pois caso ocorram mudanças nos julgamentos e a empresa venha a incorrer em perdas em processos, seus usuários já estarão cientes de tal fato.

## 3. METODOLOGIA

O presente estudo quanto aos procedimentos é um estudo de caso, quanto aos objetivos pode ser classificado como uma pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa. A população é formada por uma empresa do segmento industrial. A coleta de dados foi por meio dos processos em tramitação nos tribunais do trabalho nos anos de 2014, 2015e 2016, e documentos da empresa objeto de estudo. A análise dos dados foi qualitativa, com apresentação por meio de estatística descritiva.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

Na busca pelas principais verbas trabalhistas deferidas em sentença, percebeu-se que na maioria dos processos sentenciados, a empresa é mais condenada a pagar o adicional de insalubridade e periculosidade, horas extras, assédio moral, multa art. 477 da CLT, fundo de garantia por tempo de serviço não recolhidos corretamente, normas de segurança e medicina do trabalho, aviso prévio, contribuições recolhidas dos funcionários e não repassadas aos sindicatos, descanso semanal remunerado, férias, equiparação salarial por não haver plano de cargos e salários, adicional noturno, salário in natura, a terceirização de funcionários.

### 4.1 Processos ingressados nos tribunais regionais

Os processos ingressados são todas as reclamatórias trabalhistas que tramitam nos Tribunais do Trabalho de cada região estudada, o julgamento pelo magistrado poderá ser: procedente ou improcedentes por não possuir veracidade e coerência no que está sendo reclamado.

**Tabela 1 –** Total de processos procedentes e improcedentes.

| Tribunais | Ingressados | Procedentes | % | Improcedentes | % |
|---|---|---|---|---|---|
| TRT2 - São Paulo | 18 | 18 | | 0 | - |
| TRT4 - Rio Grande do Sul | 27 | 21 | | 6 | |
| TRT9 - Paraná | 19 | 12 | | 7 | |
| Demais Tribunais | 116 | 58 | | 58 | |
| **TOTAL GERAL** | **180** | **109** | **60,6** | **71** | **39,4** |

A Tabela 1 apresenta o total de processos ingressados contra a empresa nos últimos três anos, e o percentual julgado procedente e improcedente em relação ao número de processos. Foram analisados somente os tribunais de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná, pois são os tribunais que possuem maior representatividade em relação ao número de processos ingressados.

A partir dos dados apresentados, pode-se observar que foi ingressado contra a empresa um total de 180 processos. Destes 109 processos, foram julgados procedentes, ou seja, 60,6%, já 39,4% foram julgados improcedentes.

### 4.2 Processos sentenciados

Processos sentenciados são aqueles, cuja decisão do magistrado já foi lançada. Para a identificação dos processos com sentença de mérito e os que ainda estão em julgamento, foi elaborado uma tabela na qual se encontravam todos os processos dos três tribunais analisados. A Tabela 2 apresenta o número total e os valores das reclamatórias com sentença de mérito dos tribunais de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná, demonstra também o total de meses laborados que estão sendo reclamados nos respectivos tribunais e os valores médios mensais pagos em sentença, obtidos através da divisão dos valores totais das sentenças pelo número de meses reclamados.

Tabela 2 – Processos com sentença de mérito

| Tribunais | Nº Processos | Meses Sentenciados | Total Sentenças |
|---|---|---|---|
| TRT 2 | 5 | 53 | R$ 35.435,19 |
| TRT 4 | 11 | 61 | R$ 45.885,07 |
| TRT 9 | 7 | 40 | R$ 19.847,35 |
| **TOTAIS** | **23** | **154** | **R$ 101.167,61** |

Para o cálculo dos meses sentenciados foram utilizadas as datas de admissão e de rescisão dos funcionários que ingressaram com ação e desconsiderado possíveis afastados por benefício do INSS (Instituto Nacional de Seguridade Social), com isso obteve-se um total de 154 meses laborados sentenciados.

Já para o cálculo do valor médio mensal sentenciado, foram utilizados os valores totais das sentenças de cada tribunal dividido pelo número de meses laborados que foram sentenciados, identificando uma média de R$668,59 no tribunal de São Paulo, R$752,21 no tribunal do Rio Grande do Sul e R$496,18 no tribunal do Paraná. Apresentando assim no período de 2014 a 2016 nos três tribunais um total de R$ 101.167,61. A tabela 3 demonstra os processos sentenciados e os meses laborados, para buscar o valor pago por mês laborado.

Tabela 3 – Média de valor pago em sentença por mês laborado

| Tribunais | Nº de Processos | Meses Laborados | Valor por mês laborado na sentença |
|---|---|---|---|
| TRT2 | 5 | 53 | R$ 668,59 |
| TRT4 | 11 | 61 | R$ 752,21 |
| TRT9 | 7 | 40 | R$ 496,18 |
| Total | 23 | 154 | R$ 1.916,99 |
| **Média Mensal** | | **6,70** | **R$ 639,00** |

Verifica-se que a média de meses laborados chegou a 6,70 meses por reclamatória sentenciada, ou seja, em média cada funcionário que ingressa com processo, reclama um período laborado de 6,7 meses laborados.

Na tabela 3 está demonstrada também a média geral dos valores mensais pago para cada processo foi de R$ 639,00.

### 4.3 Processos não sentenciados

Processos não sentenciados são os processos que estão em andamento, seguindo o fluxo jurídico. Para a identificação dos processos em andamento, foram consultados os sítios dos tribunais objeto de estudo. Na tabela 4 são apresentados os processos em andamento.

**Tabela 4 –** Processos em andamento

| Tribunais | Nº Processos | Meses Laborados | Valor Médio por Sentença | Valor Arbitrado |
|---|---|---|---|---|
| TRT 2 | 13 | 51 | R$ 668,59 | R$ 34.098,01 |
| TRT 4 | 10 | 103 | R$ 752,21 | R$ 77.478,07 |
| TRT 9 | 2 | 22 | R$ 496,18 | R$ 10.916,04 |
| **TOTAL** | | | | **R$ 122.492,12** |

Na tabela 4, demonstra-se os processos que ainda estão pendentes de julgamento nos tribunais de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná, que no total são 25 processos. A mesma apresenta também o total de meses laborados que

foram reclamados em cada tribunal e uma previsão de valores que poderão ser sentenciados, no montante total de R$ 122.492,12. Para o cálculo dos possíveis valores sentenciados utilizou-se o valor médio mensal pago em sentença respectivo a cada tribunal Tabela 3.

### 4.4 Passivo contingente trabalhista

Passivos contingentes são possíveis obrigações que resultam de eventos passados e sua existência dependerá da ocorrência de eventos futuros. Já o passivo trabalhista pode ser gerado quando o empregador descumprir alguma cláusula do contrato de trabalhista, possibilitando a ocorrência de um possível passivo trabalhista.

A tabela 5 demonstra o montante de ações ingressadas em relação as rescisões no período de 2014 a 2016. Possibilitando assim, a determinação do número de prováveis reclamatórias.

**Tabela 5 –** Montante de processos ingressados em relação às rescisões realizadas

| Período | Rescisões | Rescisões Período | Ações Ingressadas | % De Ações Ingressadas |
|---|---|---|---|---|
| 2014 | 1.175 | 2.767 | 180 | 7,00% |
| 2015 | 1.076 | | | |
| 2016 | 516 | | | |

No ano de 2014 foram realizadas 1.175 rescisões, no ano de 2015 1.076 rescisões e no ano de 2016 516 rescisões, totalizando 2.767 rescisões, no entanto, deste total somente 180 funcionários entraram com reclamatória contra a empresa (tabela 1). Podendo assim determinar que somente 7% dos funcionários que rescindem a relação de trabalho, ingressaram com reclamatórias.

**Tabela 6 –** Previsão de prováveis reclamatórias

| Rescisões no Ano De 2016 | Possíveis ingressantes | Possíveis Ações | Possível procedência | Possíveis Reclamatórias |
|---|---|---|---|---|
| 516 | 7,00% | 36 | 60,60 % | 22 |

Conforme demonstrado na tabela 5, somente 7% dos funcionários rescindidos ingressaram com reclamatórias trabalhistas. Assim, em relação as rescisões do ano de 2016 é possível atribuir que poderá haver 36 possíveis ações, destas considerando o volume de procedências (60,60%), pode-se determinar que poderá haver 22 possíveis reclamatórias com sentença procedente.

Por uma questão de prudência será utilizado o número possível de 30 reclamatórias com sentença procedente. Na tabela 7 apresenta-se uma previsão de passivo contingente das rescisões do ano de 2016. Devido ao de número de funcionários ativos na empresa em 31/12/2016 foi acrescido 8 funcionários, chegando a 30.

**Tabela 7 –** Previsão de valores das prováveis reclamatórias

| Possíveis Reclamatórias | Tempo Médio Reclamado Em Meses | Valor Pago Médio Por Mês Reclamado | Total Projetado |
|---|---|---|---|
| 30 | 7 | R$ 639,00 | R$ 134.190,00 |

A tabela 7 demonstra o valor das prováveis reclamatórias apuradas na tabela 6, para chegar ao valor projetado utilizou-se o número de possíveis reclamatórias (tabela 6) multiplicado pelo tempo médio reclamado em meses (tabela 3) e o valor médio pago por mês reclamado (tabela 3), obtendo-se assim o montante de R$ 134.190,00 de possível passivo trabalhista.

### 4.5 Determinação do passivo contingente

A determinação do passivo contingente, que pode ou não vir a acontecer, tornou-se de grande importância, pois caso ocorra pode ocasionar possíveis despesas e perdas não previstas para a empresa. Trata-se de uma obrigação resultante de eventos passados e cuja existência será confirmada apenas pela ocorrência ou não de um ou mais eventos futuros incertos não totalmente sob controle da entidade, ou uma obrigação presente que resulta de eventos passados, mas que não é reconhecida porque não é provável que uma saída de recursos que incorporam benefícios econômicos seja exigida para liquidar a obrigação; ou o valor da obrigação não pode ser mensurado com suficiente confiabilidade. Na tabela 8 busca-se demonstrar o possível valor do passivo contingente da empresa objeto de estudo.

Tabela 8 – Provável passivo contingente

| **Processos** | **Valores Contingentes** |
|---|---|
| Processos Não Sentenciados – em andamento | R$ 122.492,12 |
| Provável Passivo Trabalhista – ano 2016 | R$ 134.190,00 |
| Passivo Contingente | R$ 256.682,12 |

Na tabela 8, apresenta-se com base no estudo, o possível passivo contingente da empresa objeto de estudo, recomenda-se que seja demonstrado em Notas Explicativas, os valores das prováveis reclamatórias (Tabela 8) chega-se ao montante de R$ 256.682,12 que correspondente ao valor do possível passivo contingente.

## 5. CONCLUSÃO

As informações geradas pela contabilidade conseguem reunir todas as informações necessárias para dar suporte aos gestores nas tomadas de decisões, além de ser uma ferramenta de controle e prevenção desses passivos trabalhistas. Pode-se citar ainda como maneiras de redução e prevenção desses passivos a qualificação e capacitação dos envolvidos no que diz respeito às rotinas trabalhistas dentro da empresa. A partir do momento em que empresa conta com profissionais que possuam conhecimentos dos direitos e práticas trabalhistas, os controles e principalmente as obrigações trabalhistas serão realizadas e cumpridas com maior eficiência e eficácia.

Os resultados do estudo permitiram apurar com base nas reclamatórias trabalhistas em tramitação nos tribunais do trabalho da Segunda, Quarta e Nona região no período que compreende os anos de 2014, 2015 e 2016.

Com a análise das reclamatórias trabalhistas, foi possível identificar as principais verbas que foram reclamadas e deferidas em sentença, das quais podemos citar: adicional de insalubridade e periculosidade, horas extras, assédio moral, multa art. 477 da CLT, fundo de garantia por tempo de serviço, entre outras.

A partir dos resultados apurados, pode-se concluir que a empresa apresentou um montante de R$ 101.167,61 de reclamatórias sentenciadas e um montante de R$122.492,12 referente à projeção dos valores das reclamatórias que ainda estão em andamento.

Foram estimadas por critério técnico as possíveis reclamatórias ingressadas contra a empresa considerando as rescisões do ano de 2016. Para isso, utilizou-se do número de possíveis reclamatórias trabalhistas e da média de meses laborados e de valores mensais sentenciados. Chegando a um montante de R$134.190,00 de possíveis reclamatórias.

Para a determinação do passivo trabalhista e seus impactos no Patrimônio da empresa, utilizou-se do valor da projeção de reclamatórias em andamento somado com o montante das prováveis reclamatórias, obtendo assim um provável passivo contingente no montante de R$256.682,12. Recomenda-se que os valores apurados a título de passivo contingente sejam divulgados em notas explicativas.

# REFERÊNCIAS

CFC, 2009. Comitê De Pronunciamentos Contábeis. Pronunciamento Técnico CPC 25**.** Provisões, Passivos Contingentes e Ativos Contingentes. Brasília. 22 mai 2017. <http://www.cpc.org.br/CPC/Documentos-Emitidos/Pronunciamentos/Pronunciamento?Id=56 >

Iudicibus, S. de et al.2010. *Manual de contabilidade societária.* São Paulo: Atlas.

Saad, E. G. 2014. *Consolidação das leis do trabalho comentada.* 47. ed. São Paulo: Ltr Editora Ltda.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ORÇAMENTO PÚBLICO: UM COMPARATIVO COM ORÇAMENTO EMPRESARIAL

**Alessandra Durante**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI. Avenida Sete de Setembro, nº 1621, Erechim/RS.
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
alle.durante@gmail.com

**Edson Luis Kammler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
edsonkammler@uricer.edu.br

**Aldecir Jose Theodoro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
aldecir@uri.com.br

**Idionir Scalabrin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

**Lenison Maroso**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
lmaroso@hotmail.com

***Resumo.*** *No setor público e privado são realizados orçamentos para projetar os objetivos e metas a serem alcançados em um determinado período de tempo, são divididos em Plano Plurianual, Lei de Diretrizes Orçamentárias, Plano Plurianual e a Lei Orçamentária Anual, que em curto prazo executa as determinações da Lei de Diretrizes Orçamentárias. No Orçamento Empresarial, o planejamento é dividido em Planejamento Estratégico, que ocorre no nível mais alto da organização e que delimita os objetivos a serem alcançados, o Planejamento Tático detalha em partes menores a estratégia para execução, e o Planejamento Operacional executa as atividades para o alcance dos objetivos. O objetivo deste estudo é demonstrar os níveis de planejamento do orçamento público e realizar um comparativo com o orçamento empresarial. A metodologia adotada, é um estudo descritivo, bibliográfico, na análise dos dados procurou-se evidenciar por meio de exemplos, a formatação dos orçamentos público e empresarial. Conclui-se que, ambos se assemelham, os planejamentos seguem uma mesma linha de planejamento de longo, médio e curto prazo, delimitando objetivos e metas a serem atingidos, sendo que no Orçamento Público o orçamento deve ser aprovado em lei e no Orçamento Empresarial os gestores do mais alto nível delimitam as estratégias a serem seguidas.*

***Palavra-Chave****: Orçamento Público. Plano Plurianual. Lei de Diretrizes Orçamentárias. Lei Orçamentária Anual. Orçamento*

## 1. INTRODUÇÃO

Ao realizarmos um planejamento estamos olhando para o amanhã e antecipando-o de forma que possamos tomar decisões a respeito de ações a serem executadas ao longo do tempo, de modo a atingir objetivos determinados para o futuro. Para realização de um plano devemos definir os objetivos e as ações que serão tomadas para alcançá-los.

O planejamento é uma importante ferramenta de gestão para as organizações, tanto privadas quanto aos órgãos públicos. Nos órgãos públicos é realizado planejamento através da elaboração do Plano Plurianual, da Lei de Diretrizes Orçamentárias e a Lei Orçamentária Anual visando à execução de ações voltadas as políticas públicas, estipulando

dessa forma as receitas e despesas para cada período orçado. Conforme Araújo, Arruda e Barretto (2009) estudar Orçamento Público no Brasil requer a análise e a compreensão do Plano Plurianual (PPA), da Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e da Lei Orçamentária Anual (LOA), classificados como um conjunto estruturado de instrumentos de planejamento, execução, controle e avaliação da ação governamental em cada um dos níveis de governo.

No orçamento empresarial, o planejamento busca atingir uma situação futura esperada, centralizando da melhor maneira os esforços e recursos da empresa, através dos níveis de elaboração e execução, visando reduzir a incerteza no processo de tomada de decisão, projetando sempre o alcance dos objetivos e metas estabelecidos.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar os níveis de planejamento do orçamento público e realizar um comparativo com o orçamento empresarial. Para que a análise possa ocorrer de forma objetiva e clara será realizado uma comparação dos três tipos de planejamentos que ocorrem no orçamento privado com as três formas de planejamento do orçamento público. Não será levado em consideração um nível de governo específico para realização da análise.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Trata-se uma revisão da leitura atual, no que se refere não só ao acervo de teorias e suas críticas, como também a trabalhos realizados que as tomam como o parâmetro. Dessa forma, o autor do projeto e o leitor adquirem conhecimento do que já existe sobre o assunto, ou seja, sobre o estado da arte, oferecendo contextualização e consistência a análise.

### 2.1 Orçamento Público

O Orçamento Público, segundo Araújo, Arruda e Barretto (2009) pode ser determinado, em sentido amplo, como o instrumento técnico-legal de explicitação da ação de planejamento do Estado, que promove as diretrizes e programas governamentais a objetivos, prioridades e metas, estabelecendo a previsão da receita a ser arrecadada e a fixação da despesa a ser realizada.

De acordo com Bezerra (2013) o Orçamento Público constitui-se como ferramenta legal de planejamento do Ente Federativo (União, Estados, Distrito Federal e Municípios) onde são planejados as entradas e os gastos orçamentários que serão realizados em um determinado período, visando à execução dos programas e ações vinculados às políticas públicas, bem como as transferências constitucionais, legais e voluntárias, os pagamentos de dívidas e outros encargos inerentes às funções e atividades estatais.

O sistema orçamentário brasileiro, conforme Rosa (2013), na forma definida pelo art. 165 da Constituição Federal de 1988, é constituído por três normas básicas de iniciativa do Poder Executivo: o Plano Plurianual (PPA), a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA). Esse sistema tem por objetivo amparar a tarefa do planejamento, para melhor alocação dos recursos públicos, promovendo a integração entre o planejamento e o orçamento anual.

Segundo Araújo, Arruda e Barretto (2009), a Lei de Responsabilidade Fiscal tem como pressupostos básicos o planejamento, o equilíbrio fiscal e a transparência da gestão por meio da ampliação da visibilidade do plano plurianual, das diretrizes orçamentárias, dos orçamentos anuais e das prestações de conta. A Lei de Responsabilidade Fiscal objetiva garantir a transparência mediante o incentivo à participação popular e a realização de audiências públicas, durante os processos de elaboração e de discussão dos planos, diretrizes orçamentárias e orçamentos.

### 2.2 Plano Plurianual

De acordo com Giacomoni (2017) o Plano Plurianual se constitui na associação dos esforços de planejamento de toda a administração pública, orientando a elaboração dos demais planos e programas do governo.

Segundo Paludo (2017) o Plano Plurianual é o instrumento legal de planejamento de maior abrangência na implantação das prioridades e na orientação das ações do governo. Ele representa o comprometimento com os objetivos e a visão de futuro, assim como a previsão de alocação dos recursos orçamentários nas funções de Estado e nos programas de governo. O Plano Plurianual é um mecanismo de planejamento de médio/longo prazo.

Para Kohama (2016) o Plano Plurianual é um plano de médio prazo, através do qual se procura organizar as ações do governo buscando o atingimento dos objetivos e metas estabelecidos para um período de quatro anos. A lei que instituir o Plano Plurianual estabelecerá, de forma regionalizada, as diretrizes, objetivos e metas da administração pública para as despesas de capital e outras delas decorrentes e para as relativas aos programas de duração continuada.

### 2.3 Lei de Diretrizes Orçamentárias

O projeto de Lei de Diretrizes Orçamentárias é encaminhado pelo Poder Executivo ao Poder Legislativo anualmente, conforme Giacomoni (2017), que, se aprovado, estabelecerá metas, prioridades, metas fiscais e orientará a elaboração da proposta orçamentária.

Para Rosa (2013), segundo o disposto no § 2º do art. 165 da Constituição Federal de 1988, "a lei de diretrizes orçamentárias compreenderá as metas e prioridades da administração pública federal, incluindo as despesas de capital para o exercício financeiro subsequente, orientará a elaboração da lei orçamentária anual, disporá sobra as alterações da legislação tributária e estabelecerá a política de aplicação das agências financeiras oficiais de fomento".

Conforme Kohama (2016) a Lei de Diretrizes Orçamentárias interpretará as metas e prioridades da administração pública, incluindo as despesas de capital para o exercício financeiro subsequente, direcionará a elaboração da Lei Orçamentária Anual, disporá sobre as alterações na legislação tributária e determinará a política de aplicação.

### 2.4 Lei Orçamentária Anual

De acordo com Paludo (2017) a Lei Orçamentária Anual é um mecanismo de planejamento que operacionaliza no curto prazo os programas contidos no Plano Plurianual. O projeto de Lei Orçamentária Anual abrange, conforme selecionado pela Lei de Diretrizes Orçamentárias, as prioridades contidas no Plano Plurianual e as metas que deverão ser atingidas no exercício financeiro, uma vez que, dispõe todas as ações do governo e é com base nas concessões da Lei Orçamentária Anual que as despesas do exercício são executadas.

De acordo com Rosa (2013) a Lei Orçamentária Anual abrangerá a estimativa de todas as receitas e, com base nesta, serão firmadas todas as despesas do Governo Federal, referentes aos Poderes Legislativo, Executivo e Judiciário. Todas as esferas do Governo, seja Estadual, Distrital ou Municipal precisam elaborar seus orçamentos, estabelecidos e constituídos uniformemente, levando em consideração suas prioridades e características.

### 2.5 Orçamento Empresarial

O orçamento empresarial, segundo Sobanski (2011) resulta da estratégia da empresa e explicita, com maiores detalhes, os números e valores correspondentes ao orçamento estratégico e relação de projetos, por meio de um conjunto ordenado de quadros relativos a certas datas ou intervalos futuros de tempo que compõem e combinam os dados de vendas, produção, compras, estoques, custos, despesas, ativos, etc.

Ainda para Sobanski (2011), é o instrumento mais detalhado da administração que integra as quantificações das ações e resultados em curto prazo da empresa, visando alcançar seus objetivos com eficiência. É também o elo gerencial de ligação entre a atuação da empresa em curto prazo e sua estratégia, isto é, reflete os primeiros passos da empresa na direção de seus objetivos de longo prazo.

Conforme Sanvicente e Santos (2013), consideradas essas categorias de planejamento, cuja aplicação é ao mesmo tempo conceitual e prática, esta última em termos de atribuição de decisões correspondentes a níveis hierárquicos distintos segundo a sua importância, a atividade de elaboração do orçamento de uma empresa para determinado ano é mais uma atividade operacional do que propriamente estratégica ou administrativa.

Como instrumentos de administração, os orçamentos elaborados fornecem direção e instruções para a execução de planos, enquanto o acompanhamento, levando ao controle, permite a comparação das realizações da empresa ao que tenha sido planejado (SANVICENTE e SANTOS, 2013).

### 2.6 Planejamento Estratégico

Para Oliveira (2018) o planejamento estratégico condiz ao estabelecimento de um conjunto de resoluções a serem tomadas pelo executivo para a situação em que o futuro tende a ser diferente do passado, entretanto, a empresa tem condições e meios de agir sobre as variáveis e fatores, de modo a exercer alguma influência. O planejamento estratégico também pressupõe a necessidade de um processo de decisão que acontecerá antes, durante e depois de sua elaboração e implementação na empresa.

### 2.7 Planejamento Tático

Para Oliveira (2018) o planejamento tático é a metodologia administrativa que tem por objetivo otimizar determinada área de resultado e não a empresa em sua totalidade. Portanto, trabalha com decomposições dos objetivos, estratégias e políticas definidas no planejamento estratégico.

### 2.8 Planejamento Operacional

O planejamento operacional, segundo Oliveira (2018) é a formalização dos recursos de desenvolvimento e efetivação de resultados específicos a serem alcançados pelas áreas funcionais da empresa. Portanto, nesse contexto têm-se os planos de ação ou planos operacionais. Os planejamentos operacionais representam um conjunto de partes similar do planejamento tático. Nesse período, dimensionam-se todos os planos operacionais (táticos) em andamento, estabelecendo-se em uma demonstração de resultados do exercício programado. Assim, o planejamento operacional é

criado pelos níveis organizacionais inferiores da estruturação hierárquica, como foco nas atividades do dia-a-dia da empresa.

## 3. MÉTODO DE ESTUDO

Este estudo pode ser classificado, quanto aos fins como uma pesquisa descritiva e quanto aos meios como uma pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica é o estudo estruturado com apoio em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material de alcance do público em geral. Na análise dos dados procurou-se evidenciar por meio de exemplos, a formatação dos orçamentos público e empresarial.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

Os instrumentos de planejamento dos órgãos governamentais, estabelecidos no art. 165 da Constituição Federal, não possuem modelos pré-definidos para a utilização em cada esfera de governo. Desta forma, cada ente define a sua forma de elaboração com base nas estratégias e modelos definidos pela alta administração. Para ilustrar como são elaborados o Plano Plurianual – PPA, a Lei de Diretrizes Orçamentárias – LDO e a Lei Orçamentária Anual – LOA, apresenta-se na sequência os modelos utilizados pelo Município de Erechim na elaboração do seu planejamento.

A Tabela1 apresenta um programa de governo que será executado no período de 2018 a 2021, período de vigência do atual PPA do município de Erechim.

Tabela1 Exemplo de programa estabelecido no PPA de Erechim

| **Programa:** 0005 – Garantia de Transparência e Equilíbrio Fiscal | | | | | | **Total do Programa:** | R$ 27.430.000,00 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Objetivo**: Dar transparência aos resultados alcançados na gestão dos recursos públicos e garantir o equilíbrio fiscal por meio da administração eficiente da política tributária do município. | | | | | | | | |
| **Tipo** | **Descrição da Ação** | **Descrição do Produto** | **Meta** | | **Unidade** | **Despesa Corrente** | **Despesa Capital** | **Valor Total** |
| **A** | **Administração Financeira, Contábil e Orçamentária** | Atos e fatos que afetam o patrimônio público registrados, resultados alcançados mensurados e transparência a estes resultados efetuada. | 2018 | 100 | % | 2.218.000,00 | 15.000,00 | 2.233.000,00 |
| | | | 2019 | 100 | % | 2.389.000,00 | 15.000,00 | 2.404.000,00 |
| | | | 2020 | 100 | % | 2.558.000,00 | 15.000,00 | 2.573.000,00 |
| | | | 2021 | 100 | % | 2.729.000,00 | 16.000,00 | 2.745.000,00 |
| | | | **TOTAL DA AÇÃO** | | | **9.894.000,00** | **61.000,00** | **9.955.000,00** |
| **A** | **Arrecadação, Cadastro e Fiscalização** | Receitas de competência municipal arrecadadas e recursos financeiros para atendimento das diversas ações executadas pela Administração Municipal disponibilizados. | 2018 | 100 | % | 3.888.000,00 | 18.000,00 | 3.906.000,00 |
| | | | 2019 | 100 | % | 4.195.000,00 | 20.000,00 | 4.215.000,00 |
| | | | 2020 | 100 | % | 4.500.000,00 | 22.000,00 | 4.522.000,00 |
| | | | 2021 | 100 | % | 4.808.000,00 | 24.000,00 | 4.832.000,00 |
| | | | **TOTAL DA AÇÃO** | | | **17.391.000,00** | **84.000,00** | **17.475.000,00** |
| **TOTAL DO PROGRAMA** | | | | | | **27.285.000,00** | **145.000,00** | **27.430.000,00** |

O PPA é dividido em planos de ações, e cada plano deverá conter: objetivo, órgão do Governo responsável pela execução do projeto, valor, prazo de conclusão, fontes de financiamento, indicador que represente a situação que o plano visa alterar, necessidade de bens e serviços para a correta efetivação do previsto, ações não previstas no orçamento com, intuito de nortear a formação dos orçamentos anuais, de forma a ajustá-los as diretrizes, objetivos e metas da administração pública, estabelecidos no Plano Plurianual.

Já a Tabela2 apresenta as metas e prioridades definidas na LDO para o exercício de 2018, que devem ser estabelecidas com base nos programas elencados no PPA.

Tabela2. Exemplo de meta e prioridade estabelecida na LDO

| Programa 0005: Garantia de Transparência e Equilíbrio Fiscal | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Objetivo: Dar transparência aos resultados alcançados na gestão dos recursos públicos e garantir o equilíbrio fiscal por meio da administração eficiente da política tributária do município. | | | | |
| Ação | Descrição da Ação | Produto | Meta | Unidade |
| A | Administração Financeira, Contábil e Orçamentária | Atos e fatos que afetam o patrimônio público registrados, resultados alcançados mensurados e transparência a estes resultados efetuada. | 100 | % |
| A | Arrecadação, Cadastro e Fiscalização | Receitas de competência municipal arrecadadas e recursos financeiros para atendimento das diversas ações executadas pela Administração Municipal disponibilizados. | 100 | % |

Destaca-se que nos órgãos públicos utiliza-se o sistema de planejamento integrado, assim metas estabelecidas no PPA devem ser previstas também na LDO e, posteriormente, na Lei Orçamentária Anual devem ser separados recursos para atender as metas estabelecidas na Lei de Diretrizes Orçamentárias.

Na sequência, apresenta-se na Tabela3, como são previstos os recursos necessários à execução do programa estabelecido no PPA, para o ano de 2018.

Tabela3. Exemplo da previsão de gastos para atender os objetivos de um programa

| Classificação | Especificação | Elemento – R$ | Cat. Econômica – R$ |
|---|---|---|---|
| Órgão | Secretaria Municipal da Fazenda | | 6.000.000,00 |
| Unidade Orçamentária | Secretaria Municipal da Fazenda | | 6.000.000,00 |
| Função | Administração | | 6.000.000,00 |
| Subfunção | Administração Financeira | | 2.140.000,00 |
| Programa do PPA | Garantia da transparência e equilíbrio fiscal | | 2.140.000,00 |
| Atividade (ação do PPA) | Administração financeira, contábil e orçamentária. | | 2.140.000,00 |
| Elemento da despesa | Outros benefícios assistenciais | 90.000,00 | |
| Elemento da despesa | Vencimentos e vantagens fixas | 965.000,00 | |

Destaca-se que os valores apresentados na Tabela3 referem-se a somente dois itens da despesa e na LOA do município podem ser consultados todos os detalhamentos para todos os órgãos de governo.

Os modelos apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 são exemplificativos visando demonstrar as etapas do planejamento no setor público e como ocorre a integração entre as diversas etapas do planejamento integrado. Destaca-se que as Leis do município de Erechim, consultadas para a elaboração dos exemplos, apresentam mais detalhamentos visando atender a legislação referente ao planejamento nos entes públicos.

Já, o orçamento empresarial é um instrumento de planejamento, pois é o recurso empregado para se alcançar um objetivo. Considerando que o principal objetivo da empresa é o lucro, pode-se sim considerar o orçamento como um instrumento de planejamento, pois ao projetar receitas e gastos, pode-se obter também projeção do lucro. Desta forma por intermédio do orçamento, pode ser feito um planejamento para atingir o lucro desejado. Na Figura 1 apresenta-se o orçamento empresarial, para o primeiro quadrimestre, sabe-se que. Os orçamentos são realizados para o período mínimo de um ano.

Na Figura 1 de forma sintética visualizam-se as principais rubricas de uma empresa, pode-se de acordo com as necessidades do gestor fazer o desmembramento das contas sintéticas em contas analíticas como, receita de vendas do produto x ou produto y. Ainda, na despesa direta especifica como, despesas com telefone.

| Orçamento | Janeiro | | Fevereiro | | Março | | Abril | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Planejado | Realizado | Planejado | Realizado | Planejado | Realizado | Planejado | Realizado |
| Receitas Operacionais | R$ 2.300,00 | R$ 3.100,00 | R$ 13.200,00 | R$ 14.000,00 | R$ 13.000,00 | R$ 15.000,00 | R$ 22.000,00 | R$ 23.900,00 |
| Despesas Diretas | R$ 900,00 | R$ 900,00 | R$ 900,00 | R$ 900,00 | R$ 2.000,00 | R$ 2.600,00 | R$ 800,00 | R$ 600,00 |
| Margem de Contribuição | R$ 1.400,00 | R$ 2.200,00 | R$ 12.300,00 | R$ 13.100,00 | R$ 11.000,00 | R$ 12.400,00 | R$ 21.200,00 | R$ 23.300,00 |
| Despesas Indiretas | R$ 11.200,00 | R$ 11.200,00 | R$ 8.000,00 | R$ 8.800,00 | R$ 12.900,00 | R$ 13.600,00 | R$ 12.000,00 | R$ 13.600,00 |
| Resultado Não Operacional | -R$ 200,00 | -R$ 200,00 | -R$ 200,00 | -R$ 200,00 | R$ 1.300,00 | R$ 1.000,00 | R$ 4.000,00 | R$ 5.000,00 |
| Impostos | R$ 200,00 | R$ 200,00 | R$ 300,00 | R$ 200,00 | R$ 2.000,00 | R$ 2.200,00 | R$ 2.000,00 | R$ 2.200,00 |
| Lucro ou Prejuízo | -R$ 10.200,00 | -R$ 9.400,00 | R$ 3.800,00 | R$ 3.900,00 | -R$ 2.600,00 | -R$ 2.400,00 | R$ 11.200,00 | R$ 12.500,00 |
| Investimentos | R$ 200,00 | R$ 200,00 | R$ 200,00 | R$ 200,00 | R$ 500,00 | R$ 500,00 | R$ 500,00 | R$ 500,00 |

Figura 1 Orçamento empresarial

Conforme Oliveira (2018) a finalidade do planejamento pode ser definida como o desenvolvimento de processos, técnicas e atitudes administrativas, as quais permitem uma situação viável de avaliar as implicações futuras de decisões presentes em função dos objetivos empresariais que facilitarão a tomada de decisão no futuro, de modo mais rápido,

coerente, eficiente e eficaz. A partir desse raciocínio, segundo o autor, pode-se afirmar que o exercício sistemático do planejamento tende a reduzir a incerteza envolvida no processo decisório e, consequentemente, provocar o aumento da probabilidade de alcance dos objetivos, desafios e metas estabelecidos para a empresa.

Comparando os orçamentos percebe-se que o Plano Plurianual, estabelecido nos órgãos públicos, é realizado no setor empresarial no nível Estratégico, ambos visam à definição dos objetivos e metas que serão executados tendo como propósito determinar a direção a ser seguida, são planejamentos para longo prazo. A Lei de Diretrizes Orçamentárias, elaborada na esfera pública, tem como objetivo definir as metas e prioridades dos programas elaborados no Plano Plurianual que serão contempladas na Lei Orçamentária Anual.

No contexto empresarial, Conforme Oliveira (2018) é de responsabilidade dos níveis mais altos da empresa e se refere tanto à formulação de objetivos, quanto à seleção da direção de atividades a serem seguidas para sua consolidação, considerando as condições externas e internas a empresa e seu crescimento esperado. Também considera os princípios básicos que a empresa deve respeitar para que o processo estratégico tenha coerência e sustentação decisória.

Já a Lei Orçamentária Anual, na esfera pública, prevê as receitas a serem arrecadadas e as despesas executadas para um ano. Já no contexto empresarial, esta etapa é cumprida com o planejamento operacional, onde se faz a previsão das receitas e despesas conforme demonstrado na Figura 1.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo definir e analisar os níveis de planejamento que ocorrem no orçamento público e compará-los com o orçamento empresarial. Foram analisados os três níveis de planejamento que ocorrem no setor público e realizado uma comparação entre eles e os três níveis de planejamento que ocorre no setor empresarial.

Conclui-se que o na esfera pública o planejamento ocorre através do Plano Plurianual, da Lei de Diretrizes Orçamentárias e da Lei Orçamentária Anual, já no âmbito empresarial o planejamento ocorre nos níveis Estratégico, Tático e Operacional, no entanto, ambos seguem uma mesma linha de planejamento de longo, médio e curto prazo, delimitando os objetivos e metas a serem atingidos.

No que diz respeito ao setor empresarial, o Planejamento Tático, trabalha com objetivos e estratégias definidas no planejamento estratégico que, geralmente, afetam somente parte da empresa, são planejamentos de médio prazo.

A Lei Orçamentária Anual, executada no orçamento público, tem como finalidade prever as receitas e fixar as despesas em consonância com as prioridades estabelecidas no Plano Plurianual e as metas que deverão ser alcançadas no exercício financeiro. O Planejamento Operacional, elaborado no orçamento empresarial, tem como foco as operações do dia a dia da empresa, representa um conjunto de partes similar do planejamento tático, visando à formalização dos recursos de desenvolvimento e a efetivação dos resultados, são planejamentos de curto prazo.

O orçamento é um instrumento importante para o sucesso de qualquer organização, seja público ou privado. Ambos iniciam com a definição dos objetivos que se busca alcançar, tendo como meta, alocar da maneira eficiente e, com responsabilidade os recursos, sejam públicos ou privados.

## 6. REFÊRENCIAS

Araújo, I. P. S., Arruda, D. G. e Barretto, P. H. T., 2009. *O essencial da contabilidade pública: teoria e exercícios de concursos públicos resolvidos*. Saraiva, São Paulo.

Bezerra Filho, J. E., 2013. *Orçamento aplicado ao setor público: abordagem simples e objetiva*. Atlas, São Paulo, 2ª edição.

de Oliveira, D. P. R., 2018. *Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas*. Atlas, São Paulo, 34ª edição.

Giacomoni, J., 2017. *Orçamento público.* Atlas, São Paulo, 17ª edição revisada e atualizada.

Kohama, H., 2016. *Contabilidade Pública: teoria e prática*. Atlas, São Paulo, 15ª edição.

Paludo, A. V., 2017. *Orçamento público, administração financeira e orçamentária e LRF*. Forense, Rio de Janeiro, Método, São Paulo, 7ª edição revisada e atualizada.

Rosa, M. B., 2013. *Contabilidade do setor público*. Atlas, São Paulo, 2ª edição.

Sanvicente, A. Z. e Santos, C. C., 2013. *Orçamento na administração de empresas: planejamento e controle*. Atlas, São Paulo, 2ª edição 23ª reimpressão.

Sobanski, J. J., 2011. *Prática de orçamento empresarial: um exercício programado*. Atlas, São Paulo, 3ª edição 15ª reimpressão.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluídos neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A CONTRIBUIÇÃO DOS BENEFÍCIOS PAGOS PELA PREVIDÊNCIA SOCIAL NA ECONOMIA DOS MUNICÍPIOS DA AMAU

**Jordana Roberta De Gregori**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
jordanadegregori@hotmail.com

**Vanessa Tamanho**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
vanessasangallitamanho@hotmail.com

**Edson Luis Kammler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
edsonkammler@uricer.edu.br

**Aldecir Jose Theodoro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
aldecir@uri.com.br

**Idionir Scalabrin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

***Resumo.*** *O sistema previdenciário transformou-se ao longo dos anos em um importante sistema de proteção social e distribuição de renda. Possui como principal missão garantir a proteção e o reconhecimento ao direito de concessão aos seus segurados, afiançando renda aos trabalhadores e seus dependentes em casos de perda da sua capacidade laborativa, através de reposição da renda do trabalhador contribuinte. O objetivo deste estudo é descrever os impactos no PIB e nas receitas municipais decorrentes dos pagamentos de benefícios previdenciários ativos no ano de 2015 e 2017 pagos pelo INSS nos municípios da AMAU. O Regime Geral de Previdência Social (RGPS) é classificado em três principais áreas: Previdência Social, Assistência Social e Saúde. O estudo se deu através de uma pesquisa descritiva, a população analisada neste estudo é composta pelos beneficiários do RGP dos 32 municípios integrantes da AMAU, que possuíam benefícios ativos em dezembro de 2015 e 2017, os dados foram coletados a partir de acessos aos sítios eletrônicos da Fundação de Economia e Estatística e o portal eletrônico da Previdência Social. Os resultados da pesquisa permitiram concluir que os benefícios pagos pela previdência social impactaram, positivamente na eficiência municipal e na promoção do desenvolvimento socioeconômico dos municípios pesquisados.*

***Palavras-chave:*** *Previdência Social. Benefícios. Arrecadação.*

## 1. INTRODUÇÃO

A Previdência Social no Brasil tem sido um assunto em constante visibilidade, uma vez que a qualidade de vida, acesso a informação e o avanço da medicina vêm aumentando a expectativa de vida da população. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a média de vida dos brasileiros passou de 75,2 anos para 75,8 anos em 2017. Neste sentido tornou-se um grande instrumento de distribuição de renda, auxiliando no desenvolvimento de algumas regiões, um exemplo são os municípios do interior onde a população é composta na sua maioria por idosos, os quais se tornaram dependentes da renda advinda dos benefícios do Instituto Nacional de Seguro Social – INSS.

Segundo um estudo efetuado pelo Jornal Valor Econômico, em cerca de 500 municípios do Brasil, os benefícios pagos pelo INSS representam mais de 25% do PIB destes municípios, considerando dados de 2014. Em alguns casos o nível de dependência em relação aos benefícios pagos chega a passar dos 60%. Neste sentido, justifica-se este estudo, onde se busca verificar na região da AMAU, o nível de dependência dos pagamentos efetuados pelo INSS na economia destes municípios. Assim, o objetivo deste estudo é descrever os impactos no PIB e nas receitas municipais decorrentes dos pagamentos de benefícios previdenciários ativos no ano de 2015 e 2017 pagos pelo INSS nos municípios da AMAU.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os valores arrecadados pela previdência social são constituídos por todos os recolhimentos originários de todas as receitas incluindo as guia de recolhimento da Previdência Social – GPS. Abrange também as receitas de contribuições sociais como: empresas, entidades equiparadas e contribuintes em geral, débitos e parcelamentos administrativos e judiciais, receitas patrimoniais, devolução de benefícios, reclamatórias trabalhistas e outros.

Os benefícios concedidos através do sistema previdenciário no Brasil estruturam-se de forma a organizar e custear os seus beneficiários garantindo-lhes seu sustento quando perdem ou diminuem sua capacidade de trabalho. Segundo sítio eletrônico da Previdência Social, os benefícios pagos pelo INSS são os seguintes:

Aposentadoria por Idade Urbana e Rural: É um benefício que necessita comprovar no mínimo de 180 meses de contribuição, além de a idade mínima ser de 65 anos para o homem, e de 60 anos para mulher. Para o segurado especial a idade mínima é reduzida em cinco anos.

Aposentadoria por idade da pessoa com deficiência: É um benefício devido ao cidadão que comprovar o mínimo de 180 meses trabalhados na condição de pessoa com deficiência, além da idade mínima de 60 anos se for homem, ou 55 anos se for mulher.

Aposentadoria por tempo de contribuição: É um benefício devido ao cidadão que comprovar o tempo total de 35 anos de contribuição, se homem, e 30 anos de contribuição, se mulher. Pode ser aplicada a Regra 85/95 progressiva, para a regra proporcional, a idade mínima é de 48 anos mulher e 53 anos homem, o tempo total de contribuição é de 25 anos mais adicional para a mulher e 30 anos de contribuição mais adicional para o homem, sempre é necessário ter o período de carência de 180 meses de contribuição.

Aposentadoria por tempo de contribuição do professor: É um benefício devido ao profissional que comprovar 30 anos de contribuição, se homem, ou 25 anos de contribuição, se mulher, exige a carência mínima de 180 meses de contribuições exercidos exclusivamente em funções de Magistério em estabelecimentos de Educação Básica.

Aposentadoria por invalidez: É um benefício devido ao trabalhador permanentemente incapaz de exercer qualquer atividade laborativa e que também não possa ser reabilitado em outra profissão, de acordo com a avaliação da perícia médica do INSS. O benefício é pago enquanto persistir a incapacidade e pode ser reavaliado pelo INSS a cada dois anos.

Aposentadoria especial por tempo de contribuição: É um benefício concedido ao cidadão que trabalha exposto a agentes nocivos à saúde, de forma contínua e ininterrupta, em níveis de exposição acima dos limites estabelecidos em legislação própria. É possível aposentar-se após cumprir 25, 20 ou 15 anos de contribuição, conforme o agente nocivo. Além do tempo de contribuição, é necessário no mínimo, 180 meses de contribuição para fins de carência.

Auxílio-doença: É um benefício por incapacidade devido ao segurado do INSS acometido por uma doença ou acidente que o torne temporariamente incapaz para o trabalho.

Auxílio-acidente: É um benefício a que o segurado do INSS pode ter direito quando desenvolver sequela permanente que reduza sua capacidade laborativa. Este direito é analisado pela perícia médica do INSS, no momento da avaliação pericial.

Auxílio-reclusão: É um benefício devido apenas aos dependentes do segurado do INSS, preso em regime fechado ou semiaberto, durante o período de reclusão ou detenção.

Pensão por morte: É um benefício pago aos dependentes do segurado do INSS que vier a falecer ou, em caso de desaparecimento, tiver sua morte presumida declarada judicialmente. Para ter direito ao benefício, é necessário que o falecido possuísse qualidade de segurado do INSS na data do óbito. A pensão por morte tem duração máxima variável, conforme a idade e o tipo do beneficiário. Para o(a) cônjuge, o(a) companheiro(a), o(a) cônjuge divorciado(a) ou separado(a) judicialmente ou de fato que recebia pensão alimentícia.

Pensão especial por hanseníase: É um benefício devido às pessoas atingidas pela hanseníase que tenham sido submetidas a isolamento e internação compulsórias em hospitais até 31 de dezembro de 1986. Trata-se de uma pensão mensal, vitalícia e intransferível. O INSS realiza apenas o pagamento deste benefício, mas não determina as regras de concessão nem analisa os pedidos.

Pensão especial da síndrome da Talidomida: Este é um benefício específico aos portadores da Síndrome da Talidomida, trata-se de uma pensão especial, mensal, vitalícia e intransferível. A renda mensal inicial será calculada pela multiplicação do número total de pontos indicadores da natureza e do grau de dependência resultante da deformidade física, constante do processo de concessão, pelo valor fixado em Portaria Ministerial que trata dos reajustamentos dos benefícios pagos pela Previdência Social.

Salário-família: O salário-família é um valor pago ao empregado, de acordo com o número de filhos ou equiparados que possua. Filhos maiores de quatorze anos não têm direito, exceto no caso dos inválidos (para quem não há limite de idade).

Salário-maternidade: É um benefício pago às seguradas que acabaram de ter um filho, seja por parto ou adoção, ou aos segurados que adotem uma criança.

Benefício assistencial ao idoso e à pessoa com deficiência (BPC): O Benefício da Prestação Continuada da Lei Orgânica da Assistência Social é a garantia de um salário mínimo mensal ao idoso com 65 anos ou mais, ou à pessoa com deficiência de qualquer idade. Para ter direito, é necessário que a renda por pessoa do grupo familiar seja menor que 1/4 do salário-mínimo vigente.

Benefício assistencial ao trabalhador portuário avulso: É a garantia de um salário mínimo mensal ao cidadão com no mínimo 60 anos que, na condição de trabalhador avulso em área portuária, não tenha implementado as condições mínimas necessárias para se aposentar, nem possua renda suficiente para manter a si mesmo e à sua família.

Pecúlio: O pecúlio é um benefício extinto em 16/04/1994, que consiste na devolução em cota única das contribuições efetuadas para o INSS pelo cidadão que permaneceu em atividade após ter se aposentado.

Seguro-desemprego do pescador artesanal: O seguro-desemprego do pescador artesanal é uma assistência financeira temporária concedida aos pescadores profissionais artesanais que, durante o período de “defeso”, são obrigados a paralisar a sua atividade para preservação da espécie. Para ter direito, o pescador deve comprovar que exerce a pesca de maneira ininterrupta, seja sozinho ou em regime de economia familiar.

### 2.1 Produto Interno Bruto Per Capita

O Produto Interno Bruto (PIB) é um medidor do crescimento econômico de uma região, seja ela uma cidade, um estado ou um país. Sua medida é feita a partir da soma do valor de mercado de todos os bens e serviços finais produzidos em uma região em determinado período de tempo (MANKIW, 1998).

Já Blanchard, (2004, p. 22) conceitua o PIB sob três óticas, porém equivalentes:

a) Sob a ótica do produto: valor dos bens e serviços finais produzidos em uma economia em determinado período;
b) Ainda sob a ótica do produto: soma do valor adicionado na economia em determinado período;
c) Sob a ótica da renda: soma de toda a renda gerada na economia em um determinado período.

## 3. METODOLOGIA

Em relação ao método, este estudo classifica-se como uma pesquisa descritiva, que tem como propósito descrever os impactos no PIB e nas receitas municipais decorrentes dos pagamentos de benefícios previdenciários do Regime Geral de Previdência Social do INSS repassado aos munícipes, das cidades pertencentes da AMAU, realizando um comparativo entre benefícios pagos e valores arrecadados e o PIB Per Capita. A população analisada neste estudo é composta pelo número de munícipes que possuíam benefícios ativos em dezembro de 2015 e 2017, residentes nos 32 municípios integrantes da AMAU. Os dados foram coletados nos sítios eletrônicos da Fundação de Economia e Estatística para buscar dados referentes ao PIB Per Capita e no sítio eletrônico da Previdência Social, onde buscou-se informações sobre os pagamentos efetuados à Previdência Social nos municípios objeto de estudo. Já os dados dos benefícios previdenciários foram fornecidos pela Agência da Previdência Social de Getúlio Vargas-RS, foram excluídos do estudo os municípios que não possuíam os dados disponíveis. Após a coleta de dados junto aos sítios do IBGE e da Previdência e com as informações foi realizada, por meio de estatística descritiva, análise do valor pago pelo INSS e ao INSS, bem como o comparativo com o PIB.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

Buscou-se com o estudo descrever os impactos no PIB e nas receitas municipais decorrentes dos pagamentos de benefícios previdenciários ativos no ano de 2015 e 2017 pagos pelo INSS nos municípios da AMAU, repassados aos segurados residentes dentro do limite territorial dos municípios. Inicia-se com Comparação entre a arrecadação e o pagamento da Previdência Social.

A partir dos valores arrecadados, buscou-se então comparar com os valores pagos em benefícios, ou seja, os valores que os munícipes recebem em benefícios ativos compreendendo as espécies de benefícios.

Os valores de benefícios previdenciários utilizados para a elaboração da Tabela 1, corresponde a qualquer espécie de benefícios previdenciários ativos em 31 de dezembro dos respectivos anos objeto de estudo.

Tabela 1 – Valores recebidos e pagos pelo INSS no ano de 2017

| Municípios | Valores arrecadados pela Previdência Social | Valores pagos pela Previdência Social | % |
|---|---|---|---|
| Três Arroios | 483.313 | 11.360.079 | 2.350,46 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Itatiba do Sul | 755.555 | 15.470.202 | 2.047,53 |
| Viadutos | 2.709.343 | 29.057.675 | 1.072,50 |
| Aratiba | 4.445.154 | 36.200.391 | 814,38 |
| Campinas do Sul | 4.830.726 | 38.457.434 | 796,10 |
| Centenário | 1.669.547 | 11.977.587 | 717,42 |
| Gaurama | 4.139.970 | 27.924.157 | 674,50 |
| Erebango | 1.082.399 | 7.163.786 | 661,84 |
| Marcelino Ramos | 3.633.093 | 22.873.298 | 629,58 |
| Erval Grande | 2.958.723 | 18.396.286 | 621,76 |
| Severiano de Almeida | 2.933.738 | 17.399.566 | 593,09 |
| São Valentim | 3.432.067 | 19.952.877 | 581,37 |
| Mariano Moro | 1.557.839 | 8.965.887 | 575,53 |
| Áurea | 3.287.776 | 18.818.237 | 572,37 |
| Entre Rios do Sul | 2.247.292 | 12.485.485 | 555,58 |
| Sertão | 4.714.378 | 23.747.525 | 503,73 |
| Getúlio Vargas | 18.263.435 | 89.192.557 | 488,37 |
| Estação | 2.898.451 | 13.392.797 | 462,07 |
| Ipiranga do Sul | 1.743.897 | 7.664.612 | 439,51 |
| Erechim | 227.685.936 | 446.517.922 | 196,11 |
| Jacutinga | 13.554.963 | 19.902.470 | 146,83 |

Fonte: Dados coletados no sítio da Previdência Social e elaborados pelas autoras.

Os dados apresentado na Tabela 1 representa, em termos percentuais, o quanto a Previdência pagou a mais de benefícios em relação ao valor arrecadado em cada município, pode-se destacar que Previdência Social desempenha um papel relevante na economia desses municípios, pois torna-se essencial para a sustentação, dado que os valores que os munícipes recebem de benefícios previdenciários superam a arrecadação do sistema previdenciário.

Observa-se que nos municípios analisados a receita arrecadada pelo INSS através das contribuições previdenciárias não suprem os valores pagos através de benefícios. Observa-se que, o aumento da expectativa de vida e a redução das taxas de mortalidade e de fecundidade, transformaram o perfil da sociedade brasileira, o que altera o período de tempo que os beneficiários se tornam dependentes.

A população brasileira passa por uma mudança na estimativa de vida, um estudo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostra que no ano de 2060, a população idosa, considera-se pessoas com 60 anos ou mais, chegará a 73,5 milhões pessoas, ou seja, 33,7% da população total brasileira, acarretando uma diminuição da população ativa e contribuinte.

Segundo o secretário de Previdência Social Marcelo Caetano, os valores das despesas são superiores à arrecadação, crescendo num ritmo mais expressivo que a arrecadação, não somente em termos reais, mas também se comparados em proporção do PIB, equivalendo a 2,8% do Produto Interno Bruto, a soma das riquezas produzidas pelo país. A previsão do governo para o déficit da Previdência no regime geral para 2018 estima-se que haverá um rombo de R$ 192,8 bilhões.

### 4.1 Comparação entre os benefícios previdenciários e o PIB

Produto Interno Bruto (PIB) é um medidor do crescimento econômico de uma região, seja ela uma cidade, um estado ou um país. O PIB per capita é o resultado da divisão do PIB total de um município pela sua população.

A Tabela 2 apresenta o PIB per capita dos municípios comparado com o valor médio pago pelo INSS por benefício no ano de 2015. Para esta análise foi utilizado o ano de 2015, último ano com dados do PIB disponibilizados pela Fundação Economia e Estatística no momento da elaboração do estudo.

Tabela 2 – PIB Per Capita e média de valor dos benefícios pago no ano de 2015

| Municípios | PIB per capita | Benefício pago por segurado ano R$ | % |
|---|---|---|---|
| Benjamin Constant do Sul | 11.963 | 8.502 | 71,07 |
| Itatiba do Sul | 14.051 | 9.422 | 67,06 |
| Erval Grande | 16.175 | 9.173 | 56,71 |
| Marcelino Ramos | 20.311 | 10.253 | 50,48 |
| Charrua | 20.224 | 9.370 | 46,33 |
| Faxinalzinho | 20.721 | 9.128 | 44,05 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mariano Moro | 21.567 | 9.456 | 43,84 |
| Getúlio Vargas | 27.477 | 12.021 | 43,75 |
| Barra do Rio Azul | 21.602 | 9.423 | 43,62 |
| Carlos Gomes | 19.388 | 8.349 | 43,06 |
| Barão de Cotegipe | 24.836 | 10.065 | 40,53 |
| São Valentim | 23.260 | 9.362 | 40,25 |
| Três Arroios | 23.592 | 9.586 | 40,63 |
| Severiano de Almeida | 23.473 | 9.342 | 39,80 |
| Áurea | 23.990 | 9.373 | 39,07 |
| Erebango | 28.155 | 10.407 | 36,96 |
| Floriano Peixoto | 25.646 | 9.082 | 35,41 |
| Viadutos | 27.614 | 9.618 | 34,83 |
| Ponte Preta | 25.263 | 8.158 | 32,29 |
| Gaurama | 31.572 | 10.137 | 32,11 |
| Campinas do Sul | 31.392 | 9.712 | 30,94 |
| Estação | 35.094 | 10.399 | 29,63 |
| Erechim | 41.645 | 12.273 | 29,47 |
| Paulo Bento | 33.020 | 9.584 | 29,02 |
| Cruzaltense | 29.762 | 8.490 | 28,53 |
| Jacutinga | 33.690 | 9.592 | 28,47 |
| Sertão | 37.835 | 9.688 | 25,61 |
| Centenário | 20.527 | 4.924 | 23,99 |
| Ipiranga do Sul | 40.852 | 9.790 | 23,96 |
| Entre Rios do Sul | 50.127 | 9.756 | 19,46 |
| Quatro Irmãos | 54.361 | 9.857 | 18,13 |
| Aratiba | 139.770 | 9.714 | 6,95 |

Fonte: Dados coletados no sítio FEE e APS

Pela Tabela 2, percebe-se que em quatro municípios estudados os valores pagos pela Previdência são superiores a 50% do PIB, quando analisados os valores per capita. Destaca-se que os valores dos repasses de benefícios previdenciários representam uma forma de distribuição de renda, já que em muitos municípios, a criação de riqueza é baixa. Caso não houvesse os pagamentos destes benefícios, a maioria da população estaria vivendo em situação de extrema pobreza.

Aratiba apresenta uma situação diferenciada em razão da barragem hidrelétrica de Itá que traz um retorno significativo de impostos ao município, fazendo com que seu PIB fique num patamar elevado em relação aos demais municípios.

A Tabela 3 apresenta o total do PIB dos municípios comparado com os valores dos benefícios previdenciários pagos, usando como base o ano de 2015.

Tabela 3: Comparação do PIB com os benefícios previdenciários em 2015

| Municípios | PIB | Valor total dos benefícios | % |
|---|---|---|---|
| Itatiba do Sul | 56.134.556 | 13.284.967 | 23,67 |
| São Valentim | 84.224.735 | 14.811.220 | 17,59 |
| Erval Grande | 84.223.881 | 14.750.098 | 17,51 |
| Marcelino Ramos | 102.104.855 | 17.644.639 | 17,28 |
| Viadutos | 145.554.698 | 22.668.534 | 15,57 |
| Áurea | 89.532.502 | 13.534.828 | 15,12 |
| Mariano Moro | 47.684.344 | 7.176.820 | 15,05 |
| Benjamin Constant do Sul | 27.085.314 | 4.063.820 | 15,00 |
| Getúlio Vargas | 457.413.007 | 67.114.820 | 14,67 |
| Centenário | 62.114.733 | 8.858.532 | 14,26 |
| Severiano de Almeida | 91.308.434 | 12.798.794 | 14,02 |
| Campinas do Sul | 177.334.701 | 24.609.310 | 13,88 |
| Três Arroios | 67.779.622 | 9.135.834 | 13,48 |
| Jacutinga | 125.089.855 | 16.325.586 | 13,05 |
| Barão de Cotegipe | 167.740.248 | 20.834.859 | 12,42 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Barra do Rio Azul | 42.167.441 | 5.154.171 | 12,22 |
| Gaurama | 186.844.823 | 20.901.970 | 11,19 |
| Faxinalzinho | 52.901.340 | 5.230.260 | 9,89 |
| Erechim | 4.262.167.173 | 325.257.555 | 7,63 |
| Sertão | 233.406.795 | 17.254.627 | 7,39 |
| Charrua | 70.885.113 | 5.031.484 | 7,10 |
| Floriano Peixoto | 50.984.050 | 3.605.415 | 7,07 |
| Ipiranga do Sul | 80.969.017 | 5.639.245 | 6,96 |
| Erebango | 86.266.211 | 5.848.698 | 6,78 |
| Entre Rios do Sul | 153.840.804 | 9.824.185 | 6,39 |
| Paulo Bento | 75.847.297 | 4.360.555 | 5,75 |
| Ponte Preta | 43.705.448 | 2.284.147 | 5,23 |
| Estação | 216.495.439 | 9.941.523 | 4,59 |
| Aratiba | 928.213.137 | 26.110.911 | 2,81 |
| Quatro Irmãos | 100.512.747 | 2.720.558 | 2,71 |
| Cruzaltense | 62.381.845 | 1.502.656 | 2,41 |
| Carlos Gomes | 30.516.653 | 584.418 | 1,92 |

Fonte: Dados coletados no sítio FEE e APS

Na Tabela 3, percebe-se que em 17 municípios, pagamento dos benefícios previdenciários representa mais de 10% do PIB destes municípios, chegando a atingir 23,67% em Itatiba do Sul.

Apesar dos resultados encontrados nos municípios estudados serem considerados significativos está abaixo dos apresentados no estudo realizado pelo Jornal Valor Econômico, demonstrando que os municípios da região da AMAU apresentam indicadores menores que muitas cidades brasileiras.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo descrever os impactos no PIB e nas receitas municipais decorrentes dos pagamentos de benefícios previdenciários ativos no ano de 2015 e 2017 pagos pelo INSS nos municípios da AMAU.

Comparando-se o valor dos benefícios previdenciários com o PIB percebe-se que os pagamentos do INSS representam uma parcela significativa chegando a 23,67% do PIB no caso de Itatiba do Sul, e em 17 municípios representa mais de 10%. Em relação ao PIB per capita, a média dos benefícios previdenciários chega a 71,07% do PIB em Benjamin Constant do Sul.

Concluiu-se que nos municípios estudados, o valor arrecadado pelo INSS e inferior ao valor pago em forma de benefícios pela Previdência Social. Demonstrando ser oportuna a revisão seja por meio da reforma na lei da previdência social ou outro mecanismo, de modo a diminuir o anunciado déficit previdenciário, no longo prazo.

Já para a economia dos municípios os benefícios pagos pela previdência social, são importantes, ou até a principal fonte de recursos que alavancam a economia e as empresas estabelecidas nessas cidades. Também pode-se considerar uma forma de distribuição de renda, pois se não houvessem estes pagamentos pela previdência social, muitas famílias que residem nas pequenas cidades poderiam ter dificuldades para a manutenção de suas necessidades básicas.

# REFERÊNCIAS

Blanchard, Olivier. 2004. “Macroeconomia”**.** 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

FEE, 2017. Pib. 10 mar 2018. <https://www.fee.rs.gov.br/>

IBGE, 2018. “Expectativa de Vida do Brasileiro sobe para 75,8 anos” 30 Marc 2018. <https: //agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/18469-expectativa-de-vida-do-brasileiro-sobe-para-75-8-anos.html.>.

INSS, 2017. “Benefícios. Disponível” 3 Ago. 2017. <https://www.inss.gov.br/beneficios/.>

INSS, 2017. “Boletim Estatístico da Previdência Social”. 18 Mach 2018. http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/beps17.12.pdf.

INSS, 2018. “Benefícios pagos pelo INSS representam mais de 25% do PIB em 500 municípios”. 21 Ago 2018. <https://www.valor.com.br/brasil/4832362/beneficios-pagos-pelo-inss-representam-mais-de-25-do-pib-em-500-municipios >.

Mankiw, N. Gregory. 1999. “Introdução a Economia**:** Princípios Básicos de Micro e Macro Economia”. Rio de Janeiro: Campos.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# TRANSFERÊNCIAS CONSTITUCIONAIS E SUAS CONTRIBUIÇÕES NOS INDICADORES SOCIAIS DOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

**Leticia Baldissera**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
leebaldissera@gmail.com

**Naiandra de Souza**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
naiandrasouza@yahoo.com.br

**Edson Luis Kammler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
edsonkammler@uricer.edu.br

**Aldecir Jose Theodoro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
aldecir@uri.com.br

**Idionir Scalabrin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

***Resumo.*** *Em decorrência da crise econômica e outros fatores sociais que prejudicam a economia, muitos municípios gaúchos dependem de transferências de recursos da União e do Estado para suprir demandas como saúde, educação e renda. É através de índices como o FIRJAN, IDESE, IDH e PIB per capita que é possível mensurar o retorno das transferências de outros entes governamentais. Desse modo, esse trabalho tem por objetivo, demonstrar o grau de dependência das transferências dos recursos da União e do Estado e sua contribuição nos indicadores sociais dos municípios do estado do Rio Grande do Sul. Quanto aos procedimentos metodológicos, é uma pesquisa de campo e descritiva. A população é composta pelos municípios do Rio Grande do Sul com até dois mil habitantes, de trinta a cinquenta mil habitantes e acima de cem mil habitantes. Os dados foram coletados em sítios e portais de transparência, entre eles: IDESE, FIRJAN, IDH. A análise dos dados se deu por meio de estatística descritiva. Os resultados encontrados identificam que, no índice FIRJAN e IDH as transferências de recursos não influenciaram nos resultados, pois os municípios que possuem a maior dependência apresentaram indicadores inferiores aos demais blocos. Porém no IDESE e PIB per capita, as transferências contribuíram para uma melhoria na qualidade de vida da população.*

***Palavras-chave:*** *Contabilidade pública. Transferências de recursos. Indicadores sociais e econômicos. Transparência*

## 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência da crise econômica que afeta o país e outros fatores sociais que prejudicam a economia, muitos municípios gaúchos dependem de transferências de recursos da União e do Estado para suprir demandas como saúde, educação e renda. As crises mesmo que momentâneas, comprometem a qualidade dos serviços públicos prestados para a sociedade na área social, na educação, na geração de emprego e renda. Os gestores municipais enfrentam dificuldades no gerenciamento dos recursos escassos, inviabilizando por vezes investimento que são importantes para população. A falta de receitas tem gerado para alguns municípios um maior grau de dependência das transferências de recursos de

outros entes governamentais. Assim, o objetivo do estudo é demonstrar o grau de dependência das transferências dos recursos da União e do Estado e sua influência nos indicadores sociais dos municípios do estado do Rio Grande do Sul. É através de índices como PIB per capita, IDH, FIRJAN e IDESE é possível mensurar o acesso da população aos benefícios proporcionados pelo Estado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Receita Pública é gerada através do recolhimento de valores nos cofres públicos, os quais, através de leis e contratos, o Governo tem o direito de arrecadar. (KOHAMA, 2013). As receitas públicas são classificadas em receita orçamentária e receita extra-orçamentária. Para Araújo e Arruda (2006) A receita pública pode ser definida, portanto, como os recursos auferidos na gestão que serão computados na apuração do resultado financeiro e econômico do exercício e desdobrados nas categorias econômicas correntes e de capital. A Receita Pública é gerada através do recolhimento de valores nos cofres públicos e da variação ativa, decorrentes do fato gerador, os quais através de leis e contratos o Governo tem o direito de arrecadar (KOHAMA, 2013).

### 2.1 Despesas públicas

Lima e Castro (2013) definem despesas públicas como o conjunto de dispêndios da entidade governamental para o funcionamento dos serviços públicos. A Despesa Pública é necessária para o funcionamento dos órgãos públicos, é através da receita que consegue atendê-los. Constituem Despesa Pública os gastos fixados na lei orçamentária ou em leis especiais e destinados à execução dos serviços públicos e dos aumentos patrimoniais; à satisfação dos compromissos da dívida pública; ou ainda à restituição ou pagamento de importâncias recebidas a título de cauções, depósitos, consignações etc. (KOHAMA, 2013). As despesas públicas são classificadas em despesas orçamentárias e despesas extra-orçamentárias.

### 2.2 Indicadores sociais e econômicos

Os indicadores sociais e econômicos são aqueles que designam as características necessárias para o desenvolvimento de um país. Índice de desenvolvimento humano (IDH): O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O índice varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano.

Índice FIRJAN de desenvolvimento municipal (IFDM), segundo o site da FIRJAN é um estudo do Sistema FIRJAN que acompanha anualmente o desenvolvimento socioeconômico de todos os mais de 5 mil municípios brasileiros em três áreas de atuação: Emprego & renda, Educação e Saúde. De leitura simples, o índice varia de 0 (mínimo) a 1 ponto (máximo) para classificar o nível de cada localidade em quatro categorias: baixo (de 0 a 0,4), regular (0,4 a 0,6), moderado (de 0,6 a 0,8) e alto (0,8 a 1) desenvolvimento. Ou seja, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento da localidade.

Índice de desenvolvimento socioeconômico (IDESE), segundo o site do FEE, é um indicador-síntese que tem o propósito de mensurar o nível de desenvolvimento dos municípios do Rio Grande do Sul. O objetivo de sua divulgação é avaliar e acompanhar a evolução dos indicadores socioeconômicos dos municípios do Estado, bem como fornecer informações para o desenho de políticas públicas específicas, de acordo com as necessidades municipais. O Idese é dividido em três blocos: Educação, Renda e Saúde. Sua classificação ocorre em três níveis: baixo (índices até 0,499), médio (entre 0,500 e 0,799) ou alto (maiores ou iguais a 0,800).

Com relação ao PIB per capita, a economia de um país é avaliada por seu Produto Interno Bruto (PIB), que é um indicador que avalia a produção de bens e serviços, ou pelo PIB per capita, que por sua vez, avalia a renda média da população. Desse modo, quanto maior o nível de PIB per capita, mais elevado será o bem-estar material da população. A economia de um país é avaliada por seu Produto Interno Bruto (PIB), é um indicador que avalia a produção de bens e serviços, ou pelo PIB per capita, que por sua vez, avalia a renda média da população. Desse modo, quanto maior o nível de PIB per capita, mais elevado será o bem-estar material da população.

### 2.3 Gastos com educação e saúde

Os municípios são obrigados a recolher anualmente um percentual para a saúde e a educação. Na saúde, conforme a Lei Complementar nº 141, de 13 de janeiro de 2013, no Art. 7º, os Municípios e o Distrito Federal devem aplicar anualmente em ações e serviços públicos de saúde, no mínimo, 15% (quinze por cento) da arrecadação de impostos. Para a educação, conforme a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, no Art. 69, a União aplicará, anualmente, nunca menos de dezoito, e os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, vinte e cinco por cento, ou o que consta nas respectivas Constituições ou Leis Orgânicas, da receita resultante de impostos, compreendidas as transferências constitucionais, na manutenção e desenvolvimento do ensino público.

## 3. METODOLOGIA

Na elaboração desse estudo, foram analisados os indicadores sociais e econômicos dos municípios gaúchos, examinando se as transferências de recursos repassadas da União e do Estado influenciariam positivamente ou negativamente nesses dados. O trabalho realizado é uma pesquisa de campo e descritiva. No presente estudo, a população é composta pelos municípios do Rio Grande do Sul com até 2 mil habitantes, de 30 a 50 mil e os acima de 100 mil, onde foram analisadas as transferências de recursos e os indicadores econômicos e sociais de cada cidade. Os dados foram coletados em sítios e portais de transparência, entre eles: Índice de Desenvolvimento Socioeconômico, do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal e do Índice de Desenvolvimento Humano, buscando determinar a dependência de transferências de recursos da União e do Estado e a sua influência nos indicadores econômicos e sociais dos municípios do Rio Grande do Sul. A análise dos dados se deu por meio de estatística descritiva.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

Os municípios dispõem de vários meios de arrecadação de valores, porém as Prefeituras devem se empenhar quanto às melhorias nas receitas próprias e também no recolhimento de impostos. Além disso, elas também recebem transferências da União e do Estado, o que auxilia nos gastos com os serviços prestados a melhoria de vida da população.

Entretanto, existem muitas cidades que apresentam altos percentuais de dependência desses recursos transferidos. Foram analisadas as transferências dos anos de 2006, 2011 e 2016 para os municípios com até 2 mil habitantes, de 30 a 50 mil e os acima de 100 mil. A Figura 1 é apresentada pela média de cada bloco de cidades.

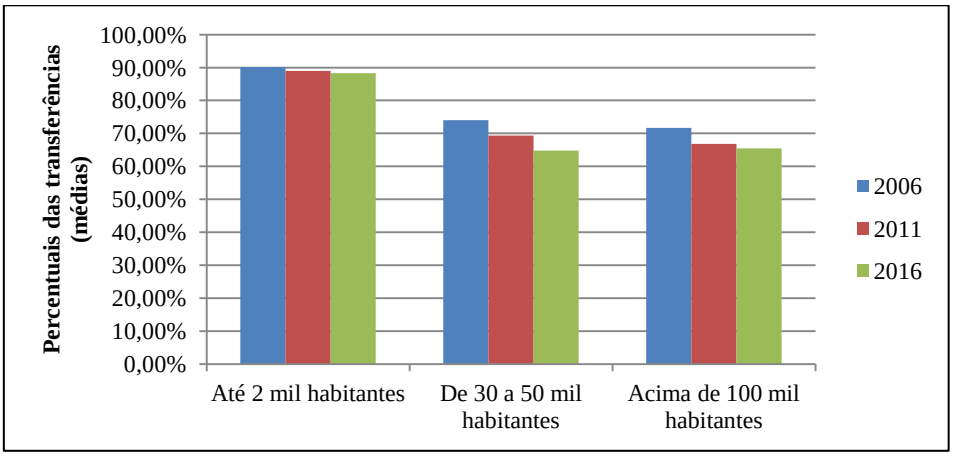



Grafico1: Transferências totais de recursos aos municípios do Rio Grande do Sul.

Como demonstrado no gráfico 1, os municípios com até 2 mil habitantes são os que mais dependem dos recursos transferidos da União e do Estado, pois em todos os anos analisados, seu percentual de dependência, em média, não baixou de 80%. Isso ocorre devido ao fato de possuírem uma baixa população, afetando assim, o desenvolvimento das cidades e gerando menos recursos próprios. As cidades com mais de 100 mil habitantes são as que menos dependem desses recursos, por apresentarem um maior número de habitantes. Em consequência disso, há um pagamento maior de impostos próprios e outros meios de arrecadação que contribuem para a melhoria do município. Em geral, no decorrer dos anos, todas as cidades analisadas apresentaram uma diminuição no grau de dependência dos recursos transferidos.

O gráfico 2 apresenta a média do índice FIRJAN, por faixa de população, de 2010 a 2013.

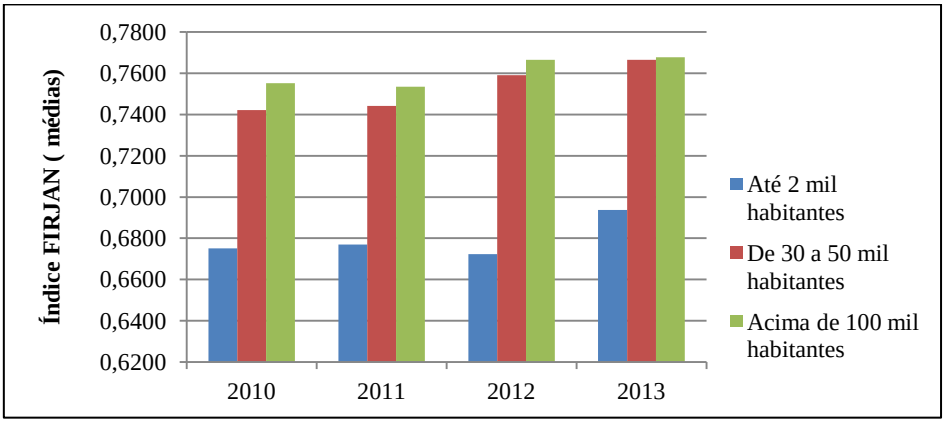



Gráfico 2 – Relação entre as médias anuais do FIRJAN

O índice FIRJAN dos municípios com até 2 mil habitantes nos anos de 2010 a 2013 é considerado moderado baixo, pois nenhuma cidade atingiu o nível alto (0,8 a 1) de desenvolvimento. O grau de dependência de recursos transferidos para essas cidades é alto, onde muitos municípios dependem de até 90% dos valores repassados pela União e o Estado.

Para os municípios de 30 a 50 mil habitantes, o índice é considerado moderado alto (0,6 a 0,8). Durante os anos de 2006 a 2016, houve uma redução do grau de dependência dessas cidades, e percebesse assim, que o índice FIRJAN também aumentou. Dentro desse bloco, estão as cidades litorâneas de Torres e Capão da Canoa e o município de Gramado, que apresentam uma maior arrecadação de recursos próprios adquiridos através do turismo, o que pode ter colaborado para bons resultados nesse indicador.

Nas cidades acima de 100 mil habitantes, a dependência de transferências de recursos é menor do que outros blocos, pelo fato de sua população ser maior e consequentemente haver melhores oportunidades e maiores arrecadações próprias. O FIRJAN também é considerado moderado alto, e quase se iguala aos municípios do bloco anterior.

Em geral, os municípios de até 2 mil habitantes dependem mais de transferências e seus indicadores são inferiores aos demais blocos. Dessa forma, percebesse que as localidades que se mantêm com recursos próprios investem mais em saúde, educação, emprego e renda o que possibilitou a melhora de seus indicadores. Portanto, no índice FIRJAN as transferências de recursos da União e do Estado não representaram uma melhora nos índices destes municípios.

No gráfico 3 são apresentados as médias do IDESE, por faixa de população, de 2010 a 2013, nos municípios analisados.

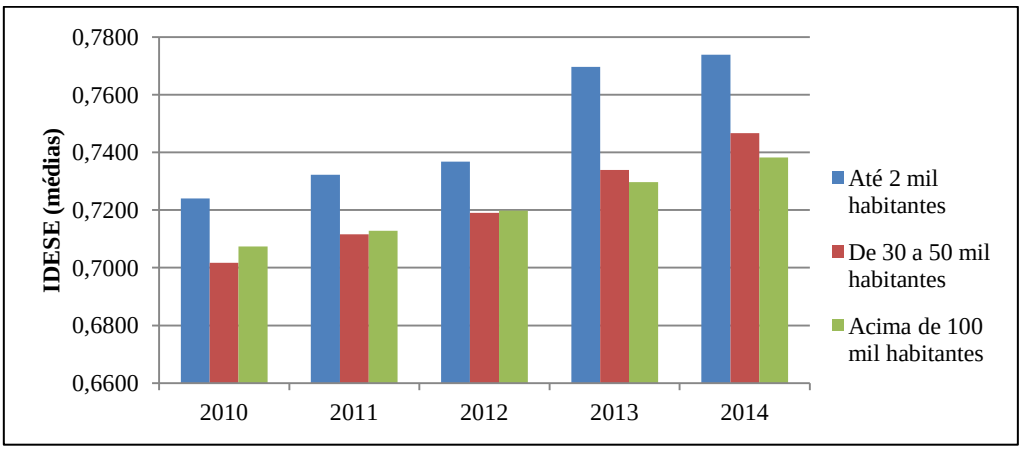



Gráfico 3 – Relação entre as médias anuais do IDESE

O índice IDESE, para os municípios de até 2 mil habitantes, nos anos de 2010 a 2014, é considerado moderado alto em média, a grande maioria das cidades atingiu o nível alto (0,500 a 0,799). Para esses municípios, o grau de dependência de recursos transferidos é elevado, onde muitos dependem em até 90% dos valores repassados pela União e pelo Estado.

Nos municípios de 30 a 50 mil habitantes, o índice é regular. Cidades litorâneas como Capão da Canoa, Torres e Tramandaí e o município de Gramado, possuem as menores dependências de transferências, porém seus indicadores são regulares. Garibaldi, Dois Irmãos e Marau possuem um grau de dependência de recursos maior do que os das cidades citadas acima, contudo, seu IDESE é classificado como alto.

Nas cidades acima de 100 mil habitantes, Bento Gonçalves e Porto Alegre apresentam os maiores índices, além de serem os que menos dependem de transferências de recursos. Nos demais municípios, o IDESE é um pouco menor, resultando em um índice regular, não ultrapassando 0,799.

Em geral, o IDESE do Rio Grande do Sul encontra-se no patamar de médio desenvolvimento. Os municípios que apresentam uma população de até 2 mil habitantes, dependem muito mais das transferências de recursos do que o restante das cidades, porém seu IDESE, quando comparado aos demais é superior. Desse modo, como esse índice avalia detalhadamente cada indicador, conclui-se que os municípios que dependem mais dessas transferências e possuem uma população menor conseguem manter um nível de saúde, educação e renda com melhor qualidade. Portanto, no IDESE as transferências de recursos da União e do Estado influenciaram nos resultados desse indicador.

O gráfico 4, apresenta as médias do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, em 2000 e 2010, anos em que este indicador é disponibilizado.

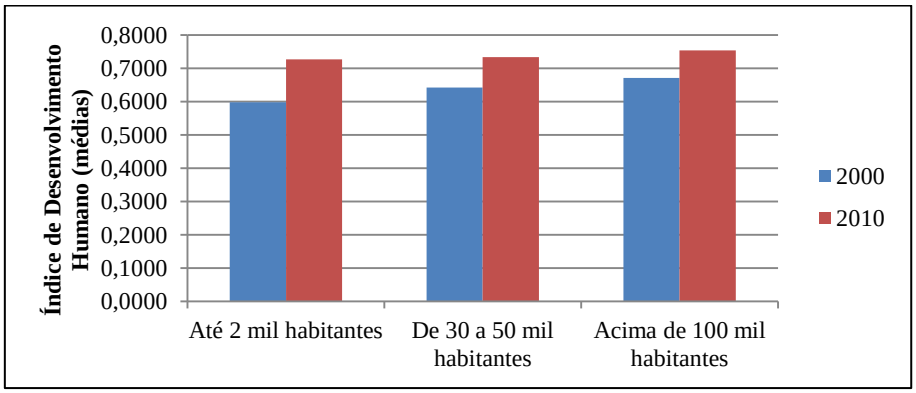



Gráfico 4 – Relação entre as médias anuais do IDH

Para os municípios com até 2 mil habitantes, nos anos de 2000 e 2010, houve um aumento considerável nesse índice, onde em 2000 seu indicador era baixo, mas em 2010 apresentou um grande avanço, passando para moderado. Como já informado, o grau de dependência desse bloco de cidades é o alto.

Nas cidades de 30 a 50 mil habitantes, o IDH em 2000 era regular, mas em 2010 passou para moderado, já seu grau de dependência chega 70%. Garibaldi e Gramado se destacam pelo seu índice, mas estão com grau de dependência menor que as demais cidades em decorrência dos recursos próprios obtidos através do turismo.

Nos municípios acima de 100 mil habitantes, a capital Porto Alegre, além de possuir o menor grau de dependência de recursos (48%), tem o melhor Índice de Desenvolvimento Humano. Os demais municípios apresentam índices regulares e seu grau de dependência é mediano.

Em geral, o IDH do Rio Grande do Sul aumentou, é considerado de médio desenvolvimento. Nos municípios que possuem uma população de até 2 mil habitantes, o nível de desenvolvimento apresentou pouca diferença quando comparado aos demais. Conclui-se que nas cidades de 30 a 50 e acima de 100 mil habitantes, o IDH obteve um melhor desempenho pelo fato de estas possuírem mais oportunidades de emprego. Em decorrência disso, a renda aumenta e qualidade de vida também, gerando mais acessos à educação e a saúde. Desse modo, no IDH as transferências de recursos da União e do Estado não influenciaram totalmente nos resultados, pois todos os blocos obtiveram um aumento em seus indicadores.

No gráfico 5, apresenta-se, por faixa de população, o PIB per capita nos anos de 2010 a 2015.

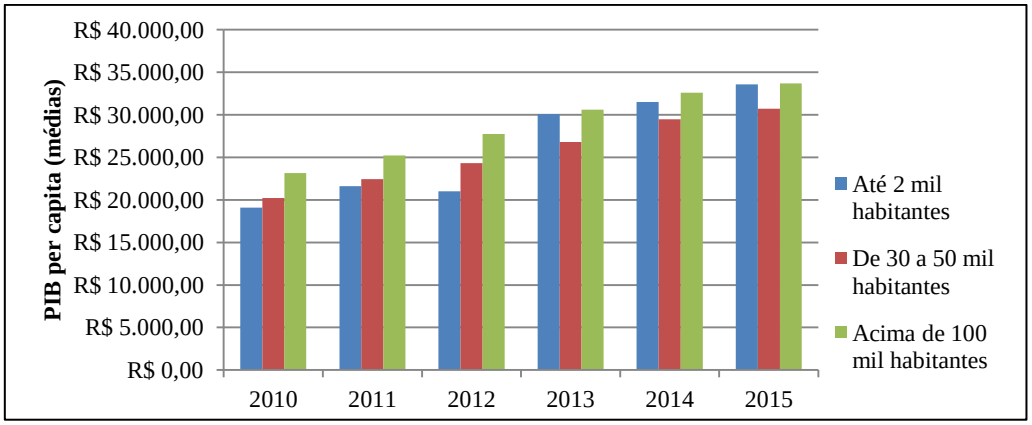



Gráfico 5 – Relação entre as médias anuais do PIB per capita

No PIB per capita as cidades com até 2 mil habitantes, apresentaram um grande aumento no decorrer dos anos, entre 2010 a 2015, onde sua média do ano de 2015 quase se iguala à dos municípios acima de 100 mil habitantes nesse mesmo ano, mas seu grau de dependência de recursos ainda é o maior.

Para os municípios de 30 a 50 mil habitantes, houve um aumento no decorrer dos anos, mas se comparado aos municípios de 2 mil, seu PIB per capita a partir do ano de 2013 até 2015 foi inferior. O grau de dependência de recursos chega em média de 70% para esses municípios.

As cidades acima de 100 mil habitantes, se mantiveram em todos os anos com os melhores resultados em relação aos demais blocos, além de possuírem o menor grau de dependência. Esse indicador traz uma média da renda da população, mas não é possível perceber como a renda está sendo distribuída entre a sociedade.

Desse modo, percebe-se que para o bloco com até 2 mil habitantes as transferências influenciaram no resultado, mas nas demais cidades tiveram menos influência.

## 5. CONCLUSÃO

No estudo realizado, o principal objetivo era analisar se os indicadores econômicos e sociais dos municípios gaúchos são influenciados pela dependência de transferências de recursos da União e do Estado. Primeiramente constatou-se que grande parte das cidades analisadas apresentaram um grau elevado de dependência dessas transferências, sendo que os municípios com até 2 mil habitantes demonstraram o maior percentual de dependência, chegando à média de 90%.

No Índice FIRJAN e no IDH as transferências de recursos não influenciaram nos resultados, pois os municípios que possuem a maior dependência apresentaram indicadores inferiores aos demais blocos. Porém no IDESE e PIB per capita, as transferências colaboraram para o aumento e melhora nos índices das cidades com menor número de habitantes.

Em geral, os indicadores econômicos e sociais das cidades acima de 100 mil habitantes apresentaram os melhores resultados, isso em decorrência de sua grande população, o que gera maiores oportunidades, possibilitando mais acesso à saúde, educação, emprego e renda, e não sendo influenciados necessariamente pelas transferências de recursos. As demais cidades não estão abaixo da média, porém apresentam uma variação, a qual ocorre em virtude da administração desses municípios e de como são aplicados os recursos recebidos.

Para que a falta dessas transferências não afete o nível de qualidade dos serviços prestados para a população, as prefeituras devem pensar em formas de fomentar o desenvolvimento econômico destes municípios, e desta forma, aumentar a arrecadação própria, principalmente decorrente dos impostos gerados por este desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

Kohama, H. 2013. *Contabilidade Pública: Teoria e Prática*. 13ª ed. São Paulo.

Lima, D. V. de; Castro, R. de. 2013. *Contabilidade pública: integrando União, Estados e Municípios* (Siafi e Siafem). São Paulo: Atlas.

Arruda, D. G., Araújo, I. P. S. 2006. *Contabilidade Pública: Da Teoria à Prática*. São Paulo.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DE EMPRESAS: UM ESTUDO DE CASO DA EMPRESA KEPLER WEBER

**Denise Tibola**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
deni_tibola@hotmail.com

**Gizieli Fátima Samuel Cardoso**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
deni_tibola@hotmail.com

**Idionir Scalabrin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

**Aldecir Jose Theodoro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
aldecir@uri.com.br

**Edson Luis Kammler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
edsonkammler@uricer.edu.br

**Rodrigo André Cechett**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
cechett@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Determinar o valor de uma empresa é importante para fins internos e externos, no qual são obtidas informações para a tomada de decisão, sejam elas referentes a aquisição de um bem, sua venda ou a própria gestão. O objetivo do estudo é determinar o valor da empresa Kepler Weber pelo métodos: Fluxo de caixa descontando, Avaliação patrimonial contábil e Avaliação patrimonial de mercado. Trata-se de uma pesquisa descritiva, mais especificamente um estudo de caso, onde se buscou comparar os métodos e, identificar aquele que melhor evidencia o valor justo da empresa. As etapas do estudo foram busca das demonstrações contábeis da empresa, realização da projeção do fluxo de caixa para os próximos 10 anos, ou seja, de 2018-2027. Por fim calculou-se o valor da empresa pelos três métodos de avaliação Fluxo de caixa descontando, Avaliação patrimonial contábil e Avaliação patrimonial e constatou-se que para o período em estudo o método do fluxo de caixa descontado apresenta maior consistência ao avaliar a empresa, pois leva em consideração projeções futura e capacidade de geração de caixa da empresa.*

***Palavras-chave:*** *Avaliação de empresas. Métodos. Demonstrações contábeis. Tomada de decisão.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em face ao crescimento da economia e toda sua capacidade informativa, estudos tem se dedicado a desenvolver ferramentas que permitam avaliar uma organização. As discussões sobre os métodos disponíveis para que seja possível avaliar uma empresa tem adquirido força, tudo devido ao aumento significativo nos processos de compra, venda, fusão, incorporação e cisão, determinação dos resultados das estratégias corporativa e eficiência dos executivos na busca da maximização de valor para a empresa.

Avaliar uma empresa é algo complexo, é importante que primeiro seja avaliado o quanto foi investido na empresa, sua credibilidade no mercado, valor da sua marca e de seus produtos. Ainda, seja apurada a projeção de resultados e lucros futuros. Ao realizar avaliação, é fundamental o conhecimento dos métodos disponíveis na literatura, para que seja escolhido aquele que melhor evidencie o valor de mercado. Conforme Eckert et al, (2011), uma a avaliação deve representar de forma clara e objetiva o potencial, a qualidade e a perspectiva de crescimento que a empresa tem, evidenciando todos os fatores envolvidos na mensuração do valor.

Assim o objetivo do estudo é apresentar o valor da empresa Kepler e Weber, do ramo metal-mecânico utilizando-se dos métodos de fluxo de caixa descontado, avaliação patrimonial contábil e avaliação patrimonial de mercado e, apresentar uma comparação entre eles.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A avaliação patrimonial da empresa serve tanto como uma ferramenta gerencial como também para fornecer informações para que seja possível tomar decisões estratégicas.

### 2.1 Avaliação de Empresas

A expressão Avaliação de Empresas provém do termo em inglês *Valuation*, que significa valor estimado, ou, valor justo. O processo de avaliação de um ativo, mesmo sendo efetuado através de modelos matemáticos está suscetível a incertezas e erros. Ambas estão relacionadas principalmente à subjetividade das informações utilizadas no processo, pois o cálculo do retorno de um ativo tem base na expectativa de resultados futuros esperados para esse mesmo ativo.

Conforme Eckert et al (2011) avaliar uma empresa como um todo torna- se complexo […] pois não é somente o seu patrimônio líquido, estoques, ativos, passivos ou as informações que constam nos relatórios e demonstrativos contábeis que serão avaliados para definir um valor para ela [...].” Acima de tudo deve-se [...] considerar se a mesma possui credibilidade no mercado, marca, uma boa carteira de clientes e fornecedores, tempo de atuação no mercado em que ela está inserida, entre outros itens que, dependendo da área de atuação, podem ser relevantes no momento de fazer a avaliação”.

Segundo Damodaran (1997) a subjetividade envolvida no processo de avaliação é uma das maiores dificuldades da mensuração do valor de um ativo e quaisquer pré concepções ou preconceitos que o analista trouxer para o processo de avaliação acabarão por se incorporar ao valor”. Dessa forma, é importante que o avaliador mantenha-se neutro ao máximo, para que não gere influência às informações que são utilizadas na construção do modelo de avaliação escolhido.

### 2.2 Metodoligias de Avaliação de Empresas

Avaliação relativa ou por múltiplos, Pressupõe-se neste método que o valor da empresa poderá ser estimado em função dos múltiplos de outras empresas, ou seja, o valor da primeira empresa dividido por determinado valor de referência, podendo ser o lucro dessa empresa, irá gerar um múltiplo que se aplicado ao lucro de uma segunda empresa irá obter o valor desta. “A abordagem dos múltiplos baseia-se na ideia de que ativos semelhantes devem ter preços semelhantes” (MARTELANC, PASIN E CAVALCANTE, 2005)

“O método do Fluxo de Caixa Descontado: está fundamentado na ideia de que o valor de uma empresa está diretamente relacionado aos montantes e às épocas em que os fluxos de caixa operacionais estarão disponíveis para distribuição.” (MARTELANC, PASIN E CAVALCANTE, 2005).

Já o modelo de avaliação patrimonial contábil, pode ser utilizado por empresas cujos ativos mensurados pelos princípios contábeis não divergem muito de seus valores de mercado. (FIPECAFI, 2001).

Conforme cita Martelanc, Pasin e Cavalcante (2005) o valor do patrimônio líquido (book value) de uma empresa é obtido a partir de registros contábeis. É um valor conhecido e fácil de ser identificado, necessitando apenas ser checado no balanço patrimonial da empresa.

Por fim, o modelo de avaliação patrimonial pelo mercado, consiste na mensuração do conjunto de ativos e passivos exigíveis com base no valor de mercado de seus itens específicos. Os valores de entrada ou saída são aplicados de acordo com a natureza e a intenção de uso de cada item. (FIPECAFI, 2001)

Para Santos (2005) caso essa metodologia venha a ser utilizada para a determinação do Valor da Empresa, a condicionante é que os valores contábeis do Ativo, Passivo e Patrimônio Líquido sejam compatíveis ou muito próximos aos seus valores de mercado.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada, foi uma pesquisa descrita conjuntamente com estudo de caso onde buscou-se fazer a avaliação da empresa . A empresa em estudo é uma Companhia focada no setor metal mecânico, com a posição mundial de destaque no fornecimento de sistemas de armazenagem de grãos. A coleta de dados deu-se através do sitio da

BM&FBOVESPA, de onde foram buscados os balanços dos anos de 2014 a 2017 e do sitio institucional. Os dados foram analisados por meio das técnicas constantes na literatura, fluxo de caixa, valor contábil e valor de marcado, por fim realizou-se a comparação entres os métodos, para demonstrar aquele que melhor evidencie o valor justo da empresa.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

Analisar os dados significa trabalhar com todo o material obtido durante o processo de investigação, ou seja, com os relatos de observação, as transcrições de entrevistas, as informações dos documentos e os outros dados disponíveis.

### 4.1 Avaliação pelos fluxos de caixa

A projeção dos fluxos de caixa operacionais para avaliação foi desenvolvida da seguinte maneira: efetuou-se o cálculo da Média de crescimento da empresa do ano de 2007 a 2017, descontou-se a inflação média desse mesmo período, sendo encontrado o crescimento real, conforme Tabela 1.

Tabela 1 Fluxo de caixa índice de crescimento das receitas

| Ano | Crescimento % | Inflação (%) |
|---|---|---|
| 2007 | 100,00 | 5,16 |
| 2008 | 5,95 | 6,48 |
| 2009 | -0,07 | 4,11 |
| 2010 | 32,38 | 6,47 |
| 2011 | 17,98 | 6,08 |
| 2012 | -9,74 | 6,20 |
| 2013 | 14,71 | 5,56 |
| 2014 | 26,16 | 6,23 |
| 2015 | -6,99 | 11,28 |
| 2016 | -3,47 | 6,58 |
| 2017 | -6,23 | 2,07 |
| **Total** | **170,68** | **66,22** |
| **Média** | **15,52** | **6,02** |
| **Crescimento Real** | **9,50** | |
| **Inflação De Longo Prazo** | **3,70** | |
| **Índice De Crescimento Das Receitas** | **13,20** | |

Para projetar as receitas para os próximos 10 anos, ou seja, de 2018 a 2027, usou-se o crescimento real mais a inflação projetada de média 3,70% ao ano, tendo em vista, que conforme previsão Banco Central, no longo prazo, tende a se ter uma meta de inflação aproximada de 3% anual. Encontrou-se o crescimento médio anual de 2007-2017 de 15,52% a.a descontando a inflação média acumulada com base nos índices divulgados de 6,02% ao ano tem-se o crescimento de 9,5% a.a, acrescentando mais a inflação projetada de longo prazo de 3,70% a.a e como base de projeção das receitas para os anos seguintes 13,20% anual.

Para os custos foi utilizado a media da representatividade nos anos de 2014 a 2017 conforme Tabela 2.

Tabela 2 Média de representatividade dos custos em relação a receita (%)

| Ano | % Representatividade |
|---|---|
| 2014 | 75,94 |
| 2015 | 87,14 |
| 2016 | 93,12 |
| 2017 | 91,63 |
| **Media** | **86,96** |

A projeção dos fluxos de caixa operacionais foi adotada a seguinte metodologia, receitas: efetuou-se o cálculo da Média de crescimento da empresa do ano de 2007 a 2017, de 15,52% a.a descontando a inflação média acumulada com base nos índices divulgados de 6,02% ao ano tem-se o crescimento de 9,5% a.a, acrescentando mais a inflação projetada de longo prazo de 3,70% a.a e como base de projeção das receitas para os anos seguintes 13,20% anual. Na Tabela 3 é demonstrado o fluxo de caixa operacional projetado.

Tabela 3 Projeção dos fluxos de caixa operacional

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA** | **654.721** | **741.144** | **838.975** | **949.719** | **1.075.082** | **1.216.993** | **1.377.636** | **1.559.484** | **1.765.336** | **1.998.360** |
| **(CUSTO DOS PRODUTOS)** | **(569.345)** | **(644.498)** | **(729.572)** | **(825.876)** | **(934.891)** | **(1.058.297)** | **(1.197.992)** | **(1.356.127)** | **(1.535.136)** | **(1.737.774)** |
| **LUCRO BRUTO** | **85.376** | **96.645** | **109.402** | **123.843** | **140.191** | **158.696** | **179.644** | **203.357** | **230.200** | **260.586** |
| **(Despesas/Receitas Operacionais)** | **(91.082)** | **(94.452)** | **(97.947)** | **(101.571)** | **(105.329)** | **(109.226)** | **(113.267)** | **(117.458)** | **(121.804)** | **(126.311)** |
| (Despesas com Vendas) | (37.200) | (38.577) | (40.004) | (41.484) | (43.019) | (44.611) | (46.261) | (47.973) | (49.748) | (51.589) |
| (Despesas Gerais Administrativas) | (43.603) | (45.216) | (46.889) | (48.624) | (50.423) | (52.289) | (54.223) | (56.230) | (58.310) | (60.468) |
| Outras receitas operacionais | 16.666 | 17.282 | 17.922 | 18.585 | 19.272 | 19.986 | 20.725 | 21.492 | 22.287 | 23.112 |
| (Outras despesas operacionais) | (26.944) | (27.941) | (28.975) | (30.047) | (31.159) | (32.312) | (33.507) | (34.747) | (36.033) | (37.366) |
| **Depreciações do período** | (26.922) | (27.191) | (27.463) | (27.737) | (28.015) | (28.295) | (28.578) | (28.864) | (29.152) | (29.444) |
| **LUCRO (PREJUIZO) OPERACIONAL** | **(5.706)** | **2.193** | **11.456** | **22.273** | **34.862** | **49.470** | **66.377** | **85.899** | **108.396** | **134.275** |
| Receitas financeiras | 23.340 | 25.207 | 27.224 | 29.402 | 31.754 | 34.294 | 37.037 | 40.000 | 43.200 | 46.657 |
| (Despesas financeiras) | (20.960) | (22.636) | (24.447) | (26.403) | (28.515) | (30.796) | (33.260) | (35.921) | (38.795) | (41.898) |
| **PREJUIZO ANTES DO IRPJ E CSLL** | **(3.326)** | **4.764** | **14.232** | **25.271** | **38.100** | **52.968** | **70.154** | **89.978** | **112.802** | **139.034** |
| Imposto de renda e conribuição social | 1.131 | (1.620) | (4.839) | (8.592) | (12.954) | (18.009) | (23.852) | (30.593) | (38.353) | (47.271) |
| **LUCRO OPERACIONAL APÓS IIPJ** | **(2.195)** | **3.144** | **9.393** | **16.679** | **25.146** | **34.959** | **46.302** | **59.386** | **74.449** | **91.762** |
| Depreciação do Período | 26.922 | 27.191 | 27.463 | 27.737 | 28.015 | 28.295 | 28.578 | 28.864 | 29.152 | 29.444 |
| Variações de Investim. do período | (13.461) | (13.595) | (13.731) | (13.869) | (14.007) | (14.147) | (14.289) | (14.432) | (14.576) | (14.722) |
| **FLUXO DE CAIXA OPERAC. DISPON.** | 11.266 | 16.740 | 23.125 | 30.548 | 39.154 | 49.106 | 60.590 | 73.817 | 89.025 | 106.484 |

Para determinação do valor presente, tomaram-se os fluxos de caixa futuro (2018-2027), Tabela 3, utilizou-se a taxa de atratividade estimada em 11,70% a.a., vistas para os próximos anos. Na Tabela 4 é demonstrado o valor presente.

Tabela 4 Valor presente dos fluxos de caixa operacional – 2018 a 2017

| Ano | Fluxo caixa projetado | Taxa de desconto % | Ano | Fluxo caixa projetado | Taxa de desconto % |
|---|---|---|---|---|---|
| 2018 | 11.266 | 11,70 | 2023 | 49.106 | 11,70 |
| 2019 | 16.740 | 11,70 | 2024 | 60.590 | 11,70 |
| 2020 | 23.125 | 11,70 | 2025 | 73.817 | 11,70 |
| 2021 | 30.548 | 11,70 | 2026 | 89.025 | 11,70 |
| 2022 | 39.154 | 11,70 | 2027 | 106.484 | 11,70 |
| **Valor presente** | | | **238.857** | | |

Obteve-se o valor presente de R$ 238.857 milhões. Já, para encontrar o valor do fluxo de caixa em 2027 será calculado pela média aritmética dos três últimos fluxos (2025-2027) e manter este valor constante a perpetuidade, conforme abaixo. O valor econômico da perpetuidade será determinado conforme Tabela 5.

Tabela 5 Perpetuidade dos fluxos de caixa futuro

| Ano | Fluxo caixa projetado | Média perpetuidade |
|---|---|---|
| 2025 | 73.817 | **89.775** |
| 2026 | 89.025 | |
| 2027 | 106.484 | |

O valor médio do fluxo de caixa perpétuo encontrado para 2028 foi de 89.775 milhões ao ano que, deverá manter-se-á constante. A partir do valor do fluxo encontrado, buscou-se terminar o valor presente para manter a perpetuidade média. Na Tabela 6 é demonstrado o valor presente da perpetuidade.

Tabela: 6 Cálculo do residual gerado pela perpetuidade.

| Ano | Valor perpetuidade | Valor futuro | Taxa % | Valor presente |
|---|---|---|---|---|
| **2027** | R$ 89.775 | R$ 767.307 | 11,70 | **R$ 253.768** |

Para determinar o valor da empresa pelo método dos fluxos de caixa, utilizou-se os caixas futuros (Tabela 4) de R$ 238.857 milhões mais o valor presente da perpetuidade (Tabela 6) R$ 253.768 milhões, chegando-se ao valor de avaliação da empresa pelo método de avaliação de empresas – Fluxo de caixa descontado seria de R$ 492,325 Milhões.

O método do Fluxo de Caixa Descontado está fundamentado na ideia de que o valor de uma empresa está diretamente relacionado aos montantes e às épocas em que os fluxos de caixa operacionais estarão disponíveis para distribuição. (Martelanc, Pasin E Cavalcante, 2005).

### 4.2 Avaliação patrimonial contábil

Para efetuar-se a Avaliação da empresa Kepler Weber pelo método Avaliação patrimonial contábil, usou-se os valores de Patrimônio Líquido contabilizados pela empresa nos anos de 2014 a 2017. Na Tabela 7, é demonstrado o valor patrimonial contábil.

Tabela 7: Valor patrimonial contábil

| Ano | Valor Patrimonial contábil |
|---|---|
| 2014 | 508.814.000 |
| 2015 | 491.362.000 |
| 2016 | 468.852.000 |
| 2017 | 435.349.000 |

Em 2014 a empresa estava avaliada contabilmente pelo valor de R$ 508 Milhões apresentando um crescimento de 39,75% em relação ao ano de 2013, já em 2015 seu valor teve uma diminuição de 3,43% em relação ao ano anterior sendo contabilizada em R$ 491 milhões, devido a crise econômica refletida nesta época. No ano de 2015 houve uma queda de 4,58 % passando para R$ 468 Milhões. E a companhia encerra o ano 2017 com valor patrimonial contábil de R$ 435 Milhões.

### 4.3 Avaliação patrimonial de mercado

Para efetuar-se avaliação patrimonial de mercado, definiu-se avaliar a empresa dos anos de 2014 a 2017. Usou-se as informações constantes nos balanços da empresa Kepler Weber, referente a quantidade de ações que a empresa possui, ações estas negociadas na BM&F Bovespa, em seu respectivos anos.

Tabela 8: valor de mercado da empresa

| Ano | Valor médio da ação – final exercício – R$ | Número de Ações | Valor de Mercado |
|---|---|---|---|
| 2014 | 42,97 | 26.225.220 | 1.126.897.703 |
| 2015 | 15,65 | 26.310.650 | 411.761.673 |
| 2016 | 17,08 | 26.311.971 | 449.408.465 |
| 2017 | 18,38 | 26.311.971 | 483.614.027 |

Para obter-se o valor médio da ação de cada ano, usou-se a média dos valores negociados no mês de dezembro de cada ano em análise. Tendo estas informações estabelecidas, calculou-se o Valor Patrimonial de Mercado da empresa dos anos de 2014-2017. Sendo que estabeleceu-se um estudo de quatro anos devido a eventuais acontecimentos ocorridos entre os anos de 2014-2015.

Em relação ao mercado pode-se afirmar que a empresa apresentou valorização no preço negociado de cada ação passando de R$ 17,08 para R$ 18,38 em 2017, seu valor aumentou 7,61%. A companhia fechou 2017 avaliada a valor de mercado em R$ 483 milhões.

### 4.4 Comparativo das metodoligias de avaliação

Em relação aos valores apurados em cada uma das avaliações aplicadas, apresentados no figura 3, pode-se perceber que nas três avaliações efetuadas os valores encontrados não apresentam diferenças significantes, apenas a Avaliação Patrimonial

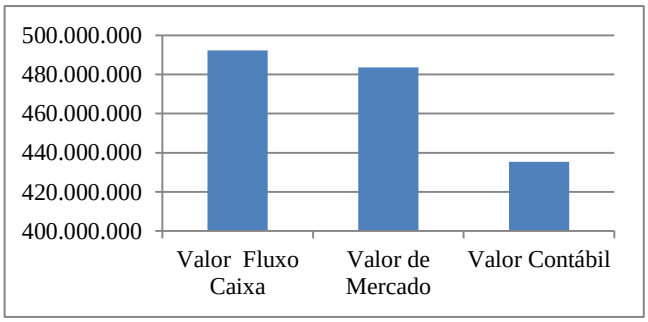



Gráfico 1: Comparação das metodologias de avaliação da empresa

A avaliação pelo método Fluxo de Caixa Descontado apurou o valor justo da empresa em R$ 492 milhões.

Costa, Costa e Alvim (2010), afirmam que o modelo Fluxo de Caixa Descontado se sobressai dos outros por levar em conta os fluxos de caixa futuros e por apresentar mecanismos indispensáveis para conclusão do resultado como a tempestividade que representa a capacidade, o tempo em que são gerados os fluxos e sua relação com o valor da empresa, a magnitude que faz referência a proporção do fluxo e a relação com o valor da empresa e o risco, que quanto maior resultará em taxa de desconto maior e consequentemente o valor da empresa será menor.

Já a Avaliação Patrimonial de Mercado a empresa estaria avaliada em R$ 483 Milhões. Essa metodologia considera o preço da ação cotada na Bolsa de valores multiplicada pela quantidade total de ações.

Para Santos (2005) "caso essa metodologia venha a ser utilizada para a determinação do Valor da Empresa, a condicionante é que os valores contábeis do Ativo, Passivo e Patrimônio Líquido sejam compatíveis ou muito próximos aos seus valores de mercado." Vale ressaltar que "[...] a reavaliação e\ou atualização do valor dos ativos e passivos, considerando efeitos de variáveis como depreciação, amortização, exaustão, inflação, taxa de juros, paridade cambial etc."

Por fim Avaliação Patrimonial Contábil revelou o valor de R$ 435 milhões em relação as metodologias utilizadas percebe-se que há uma aproximação, já o valor contábil que possui o menor valor, pode-se atribuir as variações de mercado, já que esta fundada nas demonstrações contábeis.

Martelanc, Pasin e Cavalcante (2005) enfatizam ainda que "apesar de o valor contábil de um ativo ser perfeitamente conhecido quando ele é adquirido e, nesse momento, ser igual ao valor econômico, com o passar do tempo o valor contábil vai se distanciando do valor econômico". Reitera ainda que "[...] este método não leva em conta atores como obsolescência, depreciação, mudanças tecnológicas e condições mercadológicas."

## 5. CONCLUSÃO

Avaliação de empresas, *Valuation*, significa estimar o valor justo através de análises efetuadas possibilitando assim verificar se o valor está coerente, ou não, com o valor de mercado atual. A avaliação é muito importante, pois, serve tanto para fins de compra, venda, fusão e aquisição ou para fins gerencias, buscando auxiliar o gestor nas tomadas de decisões.

Em relação à pesquisa, foram apurados os seguintes resultados na avaliação da empresa Kepler Weber: para o método de Avaliação Fluxo de Caixa Descontado R$ 492 milhões, pela Avaliação Patrimonial Contábil R$ 435 milhões e R$ 483 milhões pela Avaliação Patrimonial de Mercado, os três métodos apresentaram valores semelhantes.

Conclui-se que o método que melhor evidencia o valor justo da empresa e que possui maior consistência ao período analisado, é o fluxo de caixa descontado, pois reflete com melhor eficiência e eficácia o resultado obtido, levando em consideração a capacidade de geração de caixa futuros, o histórico da empresa para assim projetar o seu valor de maneira mais assertiva. Sugere-se que sejam realizados novos estudos com outros métodos não utilizados nesta pesquisa, métodos como: Avaliação Relativa ou por Múltiplos, Avaliação por Liquidação e EVA (*Economic Value Added*).

# REFERÊNCIAS

BM&F BOVESPA. Kepler Weber. 18 out. 2017. Disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/>. Acesso.

Costa J., J, D' A. F. da. *Valuation*: avaliação de empresas. 29 mar. 2018. <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/60741>

Costa, L. G. T. A., Costa, L. R.T. A., Alvim, M. A. (2010). *Valuation*: manual de avaliação e reestruturação econômica de empresas. São Paulo: Atlas.

Damodaran, A. (1997). Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo.Rio de Janeiro: Qualiymark.

Eckert, A., Mecca, M. S., Biasio, R., Maragno, M. (2011). Métodos de avaliação do valor das empresas: proposição de aplicação em uma empresa prestadora de serviços contábeis, Caxias do Sul, RS, v.1, n.11, p.1-14, Nov.

FIPECAFI. (2001). Avaliação de Empresas: da mensuração contábil à econômica. São Paulo: Atlas.

Santos, J. O. dos., (2005). Avaliação de empresas: cálculo e interpretação do valor das empresas: um guia prático, São Paulo: Saraiva.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INVESTIMENTOS PÚBLICOS E A GERAÇÃO DE EMPREGOS NOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

**Mirian Rampi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
mirianrampi@gmail.com

**Edson Luis Kammler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
edsonkammler@uricer.edu.br

**Aldecir Jose Theodoro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
aldecir@uri.com.br

**Idionir Scalabrin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

**Lenison Maroso**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
lmaroso@hotmail.com

***Resumo.*** *A destinação recursos oriundos das receitas municipais nas atividades econômicas, tem buscado oferecer oportunidades para o desenvolvimento das cidades com a instalação ou ampliação de empresas com a geração de empregos e a inclusão social. O objetivo do estudo é verificar se investimentos públicos em comércio, indústria e serviços retratam um saldo positivo na geração de empregos bem como o custo dos empregos gerados, nos municípios com mais de noventa mil habitantes do estado do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma pesquisa descritiva, a população é composta pelos 497 municípios do Rio Grande do Sul, estratificado pela amostra que são as cidades com mais de noventa mil habitantes, totalizando dezenove municípios. Os dados foram coletados nos sítios: IBGE – TCE – SDECT – CAGED. A análise se deu por meio de estatística descritiva. A partir da análise, concluiu-se que, em vários municípios, o crescimento da arrecadação e o incremento das receitas é constante, assim como o investimento nos setores, porém o aumento de empregos não ocorreu na mesma proporção. Logo, os valores investidos pelos municípios através das secretarias, não teve influência direta nas novas contratações, porém pode-se inferir que os benefícios podem estar relacionados à inclusão social e a qualidade de vida da população.*

***Palavras-chave:*** *Investimento Público. Economia. Desenvolvimento Regional. Inclusão Social.*

## 1. INTRODUÇÃO

A articulação entre a sociedade civil e o governo municipal vem trazendo benefícios importantes para o desenvolvimento, sendo que o impacto na economia dos diversos setores do município decorre das empresas nelas estabelecidas, gerando emprego, crescimento econômico e inclusão social. A mudança é sempre perceptível e pode ser verificada de diferentes formas, culturais, econômicas e pela inclusão social. No Rio Grande do Sul como em outros estados, criou-se espaços industriais, havendo assim uma qualificação da mão de obra e uma redução nos custos de produção e desta forma uma alavancagem no lucros.

Os polos industriais vistos como acervos de empresas, criados a partir de pesquisas de viabilidade econômica, mão de obra, acesso e infraestrutura, traz para a sociedade impactos positivos, no turismo, educação, saúde, economia e segurança, como a geração de emprego e renda. No Estado do Rio Grande do Sul são 497 municípios que buscam investir nos setores produtivos, comerciais e de prestação de serviços, proporcionado o crescimento de micro, pequenas e grandes empresas. Neste sentido o objetivo do estudo foi verificar se investimentos públicos no comércio, indústria e serviços retratam um saldo positivo na geração de empregos bem como o custo dos empregos gerados, nos municípios com mais de noventa mil habitantes do estado do Rio Grande do Sul.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Contabilidade é a ciência que estuda, interpreta e registra os atos que afetam o patrimônio das entidades. Sua finalidade é fazer o controle e fornecer aos seus administradores as informações necessárias para a tomada de decisões em sua entidade. (GOUVEIA 1993). Ainda para o autor, contabilidade é um sistema muito bem idealizado que permite registrar as transações de uma entidade que possam ser expressas em termos monetários, e informar os reflexos dessas transações na situação econômico-financeira dessa entidade em uma determinada data.

### 2.1 Planejamento na Gestão Pública

A gestão é atividade que se preocupa tanto com a eficiência quanto com a eficácia das operações desenvolvidas na organização, como citado por Saldanha (2006, p. 12). Portanto, a gestão pública é a mesma atividade administrativa vinculada à lei, à norma técnica ou à política, realizando funções administrativas em um determinado período de tempo. Referir-se ao tempo, aqui, significa analisar a gestão pública de uma forma dinâmica, entende-a como um processo decisório, cujos princípios estáticos estão envolvidos por uma sociedade que se modifica, pois as regras mudam e as práticas no território administrativo alteram-se no tempo e no espaço.

Analisa-se que gestão pública é um conjunto de atividades voltadas para a administração de interesses e bens coletivos. Já planejamento estratégico é uma ferramenta de gestão utilizada pelas organizações.

O planejamento na Gestão Pública materializa-se pelo atendimento ao estabelecido no Art. 165 da Constituição Federal, em que devem ser elaborados o Plano Plurianual – PPA a Lei de Diretrizes Orçamentárias – LDO e a Lei Orçamentária Anual – LOA.

O Plano plurianual estabelece, de forma regionalizada, as diretrizes, objetivos e metas da administração pública federal para as despesas de capital e outras delas decorrentes e para as relativas aos programas de duração continuada, para um período de quatro anos.

A Lei de Diretrizes Orçamentárias compreende as metas e prioridades da administração pública para o ano seguinte, e deve ser elaborado em consonância com o Plano Plurianual. Já a Lei Orçamentária reserva recursos para o atendimento das metas estabelecidas no PPA e LDO.

### 2.2 Receita e Despesa Pública

Segundo Kohama (2013) receita pública é todo e qualquer recolhimento feito aos cofres públicos, e, também, a variação ativa, proveniente do registro do direito a receber no momento da ocorrência do fato gerador, quer seja efetuado através de numerário ou outros bens representativos de valores.

As receitas públicas podem ser subdivididas em receita orçamentária, divididas em correntes e de capital, e receita extra-orçamentária. As receitas orçamentárias correntes, segundo Araújo (2004), são as receitas tributárias, de contribuições, patrimoniais, agropecuárias, industriais, de serviços, de transferência e outras receitas correntes, como multas, juros, restituições, indenizações, receitas da dívida ativa, de alienações de bens apreendidos, de aplicações financeiras, entre outras. Com enfoque no desenvolvimento urbano de industrialização e serviços temos a receita corrente industrial, que provêm das atividades industriais de utilidade pública, como da indústria da construção, transformação, extrativa mineral entre outras.

As receitas orçamentárias de capital, segundo Araújo (2004), compreendem as provenientes da realização de recursos financeiros oriundos da constituição de dívidas; da conversão, em espécie, de bens e direitos; amortização de empréstimos; recursos recebidos de outras pessoas de direito público ou privado, destinados a atender à formação de um bem de capital.

A receita extra-orçamentária são os valores de todo e qualquer recolhimento que não constitui renda para os órgãos públicos, onde o estado é mero depositário, sendo que os valores devem ser repassados para outras entidades, como os descontos de INSS dos servidores, que, posteriormente, deverão ser recolhidos para a Previdência Social.

Já despesa pública, segundo Andrade (2002), constitui-se de toda saída de recursos ou de todo pagamento efetuado, a qualquer título, pelos agentes pagadores para saldar gastos fixados na Lei do Orçamento ou em lei especial e destinados à execução dos serviços públicos, entre eles custeios e investimentos, além dos aumentos patrimoniais, pagamento de dívidas, devolução de importâncias recebidas a título de caução, depósitos e consignações. Assim despesa pública é todo pagamento efetuado a qualquer título pelos agentes pagadores.

### 2.3 Desenvolvimento Econômico

O desenvolvimento econômico é um processo de crescimento, sendo considerado fatores como, cultura organizacional, construída ao longo do tempo, cujo método de trabalho precisa obedecer a um processo contínuo, tanto nas empresas privadas como públicas, para que ambas não tenham crises econômicas.

Nem tudo que se realiza no setor privado serve ao setor público. Assim, empenha-se na busca do melhor desempenho dos fatores de produção nas empresas e segmentos diversos da economia, nas condições reais da sociedade, para que todos tenham estabilidade e renda digna para viver. Nosso país conta com empresas de grande porte, que vem se destacando cada vez mais na nossa economia, exigindo pessoas qualificadas visando a busca contínua de redução de custos.

Segundo Brum (2013) outra exigência do mercado de trabalho, na atualidade, é a flexibilidade e a criatividade do trabalhador, e a sua permanente busca de atualização e novas informações. Antes, na indústria tradicional, o operário passava anos, às vezes toda a sua vida útil, fazendo sempre a mesma coisa e do mesmo jeito. Agora, precisa capacitar-se para mudanças frequentes, quer em outra empresa, quer em outro setor da mesma empresa, quer no seu próprio setor, operando novas máquinas, cada vez mais sofisticadas e eficientes.

O Produto Interno Bruto (PIB) representa a soma, em valores monetários, de todos os bens e serviços finais produzidos, durante um determinado período. Assim, o PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia, e tem o objetivo principal de mensurar a atividade econômica de uma região. Na contagem considera-se apenas bens e serviços finais, excluindo da conta todos os bens de consumo intermediários. Segundo o site da Fundação de Economia Estatística:

### 2.4 Empreendedorismo

Empreendedorismo, palavra que demonstra em sua acepção o início de algo, de alguma coisa, como começar, delinear, experimentar, tentar. Segundo Dornelas (2005), empreendedorismo é o envolvimento de pessoas e processos que, em conjunto, levam a transformação de ideias em oportunidades. E a perfeita implementação destas oportunidades leva à criação de negócios de sucesso. O foco em resultados representa a ação de usar informações sobre desempenho para identificar prioridades organizacionais, buscando atingir as metas, resultados e objetivos previamente planejados e almejados.

Os municípios, de forma geral, devem incentivar e implementar maneiras de atrair empreendedores, para o crescimento econômico de seus municípios e trazendo, consequentemente, mais qualidade de vida e renda à sociedade. Assim, considera-se o empreendedorismo uma forma de mudança e o empreendedor como alguém que sempre se apoia nessas mudanças para a busca e exploração de novas oportunidades. No caso da administração pública, vale destacar que o aspecto burocrático é muito evidente em tal tipo de organização. Buscar oportunidades, nesse contexto, torna-se muito mais desafiador ao empreendedor.

## 3. METODOLOGIA

Quanto ao método, este estudo classifica-se como uma pesquisa descritiva. A população é formada por todos os 497 municípios do Rio Grande do Sul, a amostra foi selecionada pelas cidades gaúchas com mais de 90 mil habitantes totalizando 19 municípios. Os dados foram coletados a partir de acessos aos sítios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Tribunal de contas do estado do Rio Grande do Sul – TCE, Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia – SDECT e Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED. Os anos analisados foram de 2008 a 2017 e a análise se deu por meio de estatística descritiva.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

Este estudo buscou analisar se os investimentos em comércio, indústria e serviços em relação a receita municipal, resultam na geração de empregos. O período de análise compreendeu os anos de 2008 a 2017, e utilizou-se dados das receitas orçamentárias dos municípios, das despesas correspondentes às secretarias vinculadas aos investimentos em áreas que buscam o desenvolvimento econômico das cidades e dados do emprego disponíveis no CAGED.

### 4.1 Arrecadação e investimentos

A partir das 19 cidades selecionadas, buscou-se no sítio do Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul – TCE as receitas públicas respectivas aos 10 anos estudados para elaboração da Tabela 1 onde busca-se demonstrar as receitas de cada município objeto do estudo bem como os investimentos nos setores da indústria, comércio e serviços.

Os valores investidos nos setores de indústria, comércio e serviços dos anos de 2008 a 2017 são disponibilizados nas secretarias municipais da produção, indústria, serviço, agricultura, comércio e desenvolvimento econômico, por meio do Sistema de Informações para Auditoria e Prestação de Contas – SIAPC.

Na Tabela 1 apresenta-se o comparativo entre a arrecadação de cada município e o valor destinado por meios das respectivas secretarias nas áreas de indústria, comércio e serviços, no período de 2008 a 2017.

Tabela 1: Comparativo entre arrecadação e os investimentos nos setores de indústria, comércio e serviços, no período de 2008 a 2017.

| Ranking | Município | Arrecadação | Investimento | % |
|---|---|---|---|---|
| 1º | Bagé | 2.084.237.195 | 63.589.045 | 3,05 |
| 2º | Viamão | 2.859.080.486 | 71.080.836 | 2,49 |
| 3º | Erechim | 1.683.834.974 | 41.144.382 | 2,44 |
| 4º | Santa Cruz do Sul | 2.821.091.386 | 45.526.241 | 1,61 |
| 5º | Novo Hamburgo | 4.744.359.981 | 62.277.768 | 1,31 |
| 6º | Pelotas | 4.642.733.478 | 58.090.906 | 1,25 |
| 7º | Santa Maria | 3.639.307.854 | 40.574.747 | 1,11 |
| 8º | Caxias do Sul | 10.031.438.004 | 104.898.970 | 1,05 |
| 9º | Bento Gonçalves | 3.067.508.619 | 30.279.352 | 0,99 |
| 10º | Passo Fundo | 3.098.811.717 | 27.784.427 | 0,90 |
| 11º | São Leopoldo | 3.934.651.668 | 33.973.404 | 0,86 |
| 12º | Cachoeirinha | 2.397.848.057 | 19.433.188 | 0,81 |
| 13º | Sapucaia do Sul | 2.514.811.546 | 20.041.788 | 0,80 |
| 14º | Gravataí | 4.400.554.748 | 33.485.997 | 0,76 |
| 15º | Canoas | 8.677.139.368 | 63.669.092 | 0,73 |
| 16º | Uruguaiana | 1.709.168.875 | 11.850.014 | 0,69 |
| 17º | Porto Alegre | 34.740.899.391 | 229.851.254 | 0,66 |
| 18º | Alvorada | 2.385.110.069 | 13.038.164 | 0,55 |
| 19º | Rio Grande | 3.786.385.808 | 9.476.762 | 0,25 |
| **Total** | | **103.218.973.224** | **980.066.337** | **100,00** |

FONTE: Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul – TCE e elaborados pela autora.

A cidade que mais investiu em indústria, comércio e serviços nos últimos dez anos foi Bagé, com cerca de 3,05% de sua receita arrecadada destinada ao incentivo no desenvolvimento econômico e na geração de empregos.

Percebe-se que as cidades de Porto Alegre e Caxias do Sul que, possuem investimentos, em valores nominais, muito acima das demais cidades, porém quando comparado com a arrecadação, encontram-se na 17ª e 8ª colocação do ranking apresentado na Tabela 1.

A cidade que menos teve investimentos registrados foi Rio Grande, com apenas 0,25% de sua receita investida, sendo a 10ª mais populosa do estado. Pode-se atribuir, uma vez que uma das principais atividades é o polo naval, que as crises em torno da Petrobrás têm influenciado no baixo valor investido em comércio, indústria e serviços. Ainda, Rio Grande é a quarta cidade em termos de arrecadação e somente a décima na geração de empregos.

### 4.2 Saldo de admissões e demissões

A partir dos valores apresentados nas receitas arrecadadas municipais, buscou-se no sítio do Ministério do Trabalho e do Emprego – MTE informações oriundas do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED, para identificar se o saldo foi positivo ou negativo de empregos nos anos de 2008 a 2017 nas 19 cidades selecionadas, para o estudo da evolução do emprego por setor de atividade econômica, obtendo o total de admitidos e demitidos dos setores por ano.

Os dados são classificados no CAGED em Indústria de Transformação que referem-se a indústria de produtos minerais não metálicos, indústria metalúrgica, indústria mecânica, indústria do material elétrico e de comunicações, indústria do material de transporte, indústria da madeira e do mobiliário, indústria do papel, papelão, editorial e gráfica, indústria da borracha, fumo, couros, peles, indústria química de produtos farmacêuticos, veterinários, perfumaria, indústria têxtil do vestuário e artefatos de tecido, indústria de calçados, indústria de produtos alimentícios, bebidas e

álcool etílico, entre outras indústrias. Os dados também são classificados em comércio que refere-se tanto ao comércio varejista quanto ao comércio atacadista e em serviços que referem-se à instituições de créditos, seguros, capitalização, comércio e administração de imóveis, valores mobiliários, serviços técnicos, transporte, comunicações, serviço de alojamento, alimentação, reparação, manutenção, redação, serviços médicos, odontológicos e veterinários e serviços de ensino, entre outros.

### 4.2.1 Custo dos empregos gerados

Para determinar o custo por emprego criado, utilizou-se as informações coletadas no cadastro geral de empregados e desempregados considerando a variação de cada ano estudado, em todos os municípios estudados a variação foi positiva, indicado que houve um incremento nos empregos formais.

Na Tabela 2 apresenta-se o custo de cada vaga criada no período de 2008 a 2107 nos municípios abrangidos pela análise.

Tabela 2: Custo por emprego criado

| Ranking | Município | Investimentos (R$) | Saldo positivo de empregos | Custo (R$) |
|---|---|---|---|---|
| 1º | Bagé | 63.589.045,00 | 3.424 | 18.571,57 |
| 2º | Viamão | 71.080.836,00 | 4.849 | 14.658,86 |
| 3º | Erechim | 41.144.382,00 | 3.344 | 12.303,94 |
| 4º | Novo Hamburgo | 62.277.768,00 | 6.403 | 9.726,34 |
| 5º | Sapucaia do Sul | 20.041.788,00 | 2.232 | 8.979,30 |
| 6º | Pelotas | 58.090.906,00 | 9.379 | 6.193,72 |
| 7º | Santa Cruz do Sul | 45.526.241,00 | 8.034 | 5.666,70 |
| 8º | Canoas | 63.669.092,00 | 11.437 | 5.566,94 |
| 9º | Gravataí | 33.485.997,00 | 6.485 | 5.163,61 |
| 10º | Bento Gonçalves | 30.279.352,00 | 6.005 | 5.042,36 |
| 11º | Uruguaiana | 11.850.014,00 | 2.405 | 4.927,24 |
| 12º | São Leopoldo | 33.973.404,00 | 10.635 | 3.194,49 |
| 13º | Alvorada | 13.038.164,00 | 4.429 | 2.943,82 |
| 14º | Santa Maria | 40.574.747,00 | 14.033 | 2.891,38 |
| 15º | Porto Alegre | 229.851.254,00 | 92.567 | 2.483,08 |
| 16º | Passo Fundo | 27.784.427,00 | 14.233 | 1.952,11 |
| 17º | Caxias do Sul | 104.898.970,00 | 59.300 | 1.768,95 |
| 18º | Rio Grande | 9.476.762,00 | 6.957 | 1.362,19 |
| 19º | Cachoeirinha | 19.433.188,00 | 35.983 | 540,07 |
| **Total** | | **980.066.337,00** | **302.134** | |

FONTE: Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul –TCE – CAGED.

A tabela 2 demonstra o custo para a geração de cada nova contratação, comparando o investimento nos dez anos nos setores estudados, em relação ao saldo de contratações e demissões nos dez anos.

No período analisado e nos 19 municípios da amostra, foram investidos R$ 980.066.337 milhões para geração de 302.134 vagas de empregos, gerando um custo médio de R$ 3.243,00 por vaga gerada.

O município que apresentou o maior custo com a criação de cada vaga de emprego foi Bagé que teve um custo unitário de R$ 18.571,57. Já os municípios de Porto Alegre e Caxias do Sul, foram os que obtiveram o maior número de empregos gerados, com um dos menores indicadores de investimento do poder público. Pode-se inferir que cidades onde há um desenvolvimento superior dos setores como metal mecânico a participação do poder público na geração de postos de trabalho é menor.

Também é possível inferir que maiores investimentos nos municípios em áreas como comércio, indústria e serviços, nem sempre resultam em maior geração de empregos. Exemplos disso, são as cidades de Bagé e Viamão que investem valores elevados, porém, quando comparados ao saldo de admissões menos demissões, encontram-se entre as cidades que apresentaram os menores números do período.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo teve por objetivo de verificar se mais investimentos públicos em comércio, indústria e serviços, em relação à receita municipal, resultam em mais empregos gerados nos municípios do Rio Grande do Sul com mais de noventa mil habitantes. Concluiu-se que nas 19 cidades mais populosas do Rio Grande do Sul, os valores investidos em áreas voltadas ao desenvolvimento econômico dos municípios como indústria comércio e serviços correspondem a 0,95% das receitas arrecadadas. Comparando com os valores investidos em outras áreas como educação (25%) e saúde (15%), este percentual pode ser considerado baixo, já que arrecadação é proveniente da tributação, e quanto mais desenvolvido for o município, mais tributos serão pagos pelos contribuintes.

Em vários municípios, o crescimento da arrecadação das receitas é constante, assim como o investimento nos setores, mas o aumento de empregos não é. Devido também à crise de 2014, os reflexos negativos foram evidentes, contudo, pode-se verificar que os investimentos não tem relação direta com as contratações.

Além disso, em cidades como Bagé e Viamão, mesmo investindo valores elevados nestas áreas, o saldo de admissões menos demissões não se refletiu na mesma proporção, sendo que estas cidades estavam nas primeiras posições no valor dos investimentos, porém em termos de saldo de empregos, estão nas últimas colocações.

Pelos resultados pode-se concluir também que nem sempre maiores investimentos nas áreas econômicas representam mais empregos, isto demonstra que os investimentos devem ser bem planejados para que possam trazer os retornos esperados pela comunidade.

Os dados da pesquisa podem servir de subsídio para melhorar a qualidade da gestão pública, pois, como os recursos são escassos, os investimentos devem ser efetuados nas alternativas que proporcionem o melhor retorno à sociedade.

## REFERÊNCIAS

Andrade, N. A. (2002). *Contabilidade Pública na Gestão Municipal*. São Paulo: Atlas.
Araújo, I. P. S. & Arruda, D. (2004). *Contabilidade Pública: da teoria à prática.* São Paulo: Saraiva.
BRASIL. (1988). Constituição Federal.
Brum, A. J. (2013). *O Desenvolvimento Econômico Brasileiro.* 30 ed. Petrópolis/RJ: Editora Unijuí.
Dornelas, J.C.A. (2005). *Empreendedorismo: Transformando Ideias em Negócios.* 2 ed. Rio de Janeiro: Campus.
Gouveia, N. (1993). *Contabilidade Básica.* 2 ed. São Paulo: Harbra, 1993.
Kohama, H. (2000). *Contabilidade Pública: teoria e prática*. 7 ed. São Paulo: Atlas.
Kohama, H. (2013). *Contabilidade Pública: teoria e prática.* 13 ed. São Paulo: Atlas.
Marion, J. C. (2001). O Ensino da Contabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas.
Saldanha, C. (2006). *Introdução à gestão pública*. São Paulo: Saraiva.

### 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# REFORMA TRABALHISTA: O VOLUME DOS PROCESSOS NA JUSTIÇA DO TRABALHO DE ERECHIM

**Samara Fátima Lugokenski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
samara_lugokenski@outlook.com

**Aldecir Jose Theodoro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
aldecir@uri.com.br

**Idionir Scalabrin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

**Edson Luis Kammler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
edsonkammler@uricer.edu.br

**Lenison Maroso**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
lmaroso@hotmail.com

***Resumo.*** *A profissão contábil é imprescindível em qualquer empresa, como auxiliares da justiça, o contador tem a possibilidade de contribuir na fase de liquidação, onde irá determinar o valor liquido da sentença. Este estudo tem por objetivo verificar o volume dos processos na Justiça do Trabalho Erechim pós reforma trabalhista. A metodologia utilizada foi pesquisa descritiva, a coleta de dados se deu por meio da coleta junto ao sítio do Tribunal Regional do Trabalho da 4ª Região do Rio Grande do Sul (TRT4). A mostra estratificada foi a vara do trabalho de Erechim. A reforma trabalhista, aprovada no ano de 2017 alterou mais de 100 (cem) artigos a Lei Trabalhista Brasileira, mudando as relações entre empregados e empregadores, refletindo no fluxo de processos na Justiça do Trabalho de Erechim. Pode-se concluir que houve redução de 50% em relação ao ano de 2017, esse percentual refere-se ao primeiro semestre do ano de 2018. Assim, pode-se atribuir essa redução, não pela melhoria nas relações de trabalho, mas sim, pela imposição de sanções àqueles que ajuízem as ações e porventura não tenham sucesso. Entre elas, a responsabilidade pelo pagamento dos honorários de sucumbência e periciais.*

***Palavra-Chave****: Lei Trabalhista. Perícia Contábil. Laudo Pericial. Processos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em vigor desde novembro de 2017, a reforma trabalhista está posta e inúmeras questões relacionadas a ela estão presentes no dia a dia das empresas e dos processos na Justiça do Trabalho. A maior parte das análises buscam avaliar se a mudança na legislação foi e tem sido favorável ou contrária ao empregado e ao empregador.

A profissão contábil e suas diversas áreas de especialização, destacamos a perícia contábil, na qual o perito deve possuir além da condição legal, capacidade técnica e responsabilidade para exercer a profissão, pois o seu trabalho tem a função de materializar sob forma de laudo pericial os principais temas relacionados à solução do litígio. Para se ter uma execução adequada do trabalho pericial é de extrema importância estar sempre atualizado com as Normas

Brasileiras de Contabilidade, bem como com a legislação, para assim poder elaborar os pareceres com a finalidade de servir como prova consistente para o poder judiciário.

Este estudo tem por objetivo verificar o volume dos processos na Justiça do Trabalho Erechim pós reforma trabalhista. A metodologia utilizada foi pesquisa descritiva, a coleta de dados se deu por meio da coleta junto ao sítio do Tribunal Regional do Trabalho da 4ª Região do Rio Grande do Sul (TRT4). A mostra estratificada foi a vara do trabalho de Erechim.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para Zanna (2011), as principais especializações da Contabilidade são: Controle Contábil, Contabilidade de Custos, Contabilidade de Gestão, Análises de Balanços, Auditoria e Perícia Contábil. A Contabilidade permite ao profissional que a exerce especializar-se em diversas áreas, mas para o exercício da perícia contábil é necessário e prudente que o perito-contador tenha um conhecimento suficiente das especialidades citadas e uma forte disposição para continuar estudando e se atualizando, deve também possuir conhecimentos relacionados com a economia, finanças, tributos e conhecimentos pertencentes às relações trabalhistas.

O exercício pleno da perícia contábil e a variedade de temas a que é chamada a tratar, requer que o profissional seja um perito no sentido lato da palavra, possuindo um conhecimento amplo de contabilidade de maneira que a qualidade de seu trabalho venha a facilitar a aplicação na justiça. É neste ponto que reside toda a responsabilidade, respeitabilidade e honra pessoal de atuar como perito, seja no âmbito judicial ou nos campos em que se pratica a perícia extrajudicial.

De acordo com a resolução 2015/NBCTP01 de 19 de março de 2015, do Conselho Federal de Contabilidade o conceito de perícia é aplicável a qualquer circunstância da manifestação na realidade do trabalho pericial, e resume-se em: A perícia contábil constitui o conjunto de procedimentos técnicos e científicos destinados a levar a instância decisória elementos de prova necessários a subsidiar a justa solução do litígio ou constatação de fato, mediante laudo pericial contábil e/ou parecer técnico contábil, em conformidade com as normas jurídicas e profissionais e com a legislação específica no que for pertinente.

Alberto (2012) cita que perícia é um modo definido e delimitado, é um instrumento especial, pois se concretiza por uma peça ou relatório com características formais, intrínsecas e extrínsecas, definida laudo pericial. Relatório este, que contém resultado materializado, fundamentado científica ou tecnicamente dos procedimentos utilizados para constatação, prova ou comprovação sobre a veracidade do estado do objeto sobre o qual recaiu.

### 2.1 Espécies da Perícia

A perícia tem espécies distintas, identificáveis e definidas segundo os ambientes em que é instalada a atuar. Estes ambientes delinearão suas características intrínsecas e as determinantes tecnológicas para o melhor atendimento dos objetos e dos objetivos para os quais se deve voltar. As espécies segundo os ambientes de atuação são do ponto de vista mais geral, o ambiente judicial, o ambiente semijudicial, o ambiente extrajudicial e o ambiente arbitral, Alberto (2012).

Perícia Judicial: Para Muller (2017) a Perícia Judicial é aquela requerida pelas partes (autor e réu) e por determinação do juiz, sendo realizada dentro dos procedimentos processuais do Poder Judiciário. É aplicada de várias maneiras no âmbito contábil e financeiro, como: apuração de haveres, revisional de contratos, lucros cessantes, indenizatórias, entre outras. A perícia judicial contábil ocorre nas esferas de poder: cível, trabalhista, criminal, varas de família, varas de falência e recuperação judicial, varas de fazenda pública e execuções fiscais municipais, estaduais e federais.

Varas Cíveis: o perito judicial pode atuar em várias situações, seja na fase de instrução ou de liquidação de sentença. Envolvem litígios de dissolução de sociedade e de apuração de haveres, revisionais bancários, indenizações, fundo de comércio, revisão de alugueis, prestações de contas, verificação de duplicatas e títulos, entre outros (MULLER 2017).

Trabalhista: é a ação que envolve litígios entre empregados e empregadores, pode ocorrer em duas fases, na instrução processual ou na liquidação. Na fase da instrução são mais comuns os exames periciais na área de insalubridade e periculosidade, o que não descarta a necessidade de verificação de documentos, como livros e registros contábeis. Nas comarcas onde não há varas trabalhistas, as ações correm nas varas cíveis, e quando o processo trabalhista é contra o estado ou município, a competência é das varas de execuções fiscais estaduais ou municipais (MULLER 2017).

Varas de falência e recuperação judicial: é a perícia para definir o plano de recuperação judicial, verificações financeiras, de patrimônio e da recuperação judicial propriamente dita, na função de administrador judicial (MULLER 2017).

Varas de fazenda pública e execuções fiscais: envolve a verificação e cálculos de diversos tributos municipais e estaduais. Na Justiça Federal, por exemplo, pode envolver a Caixa Econômica Federal em diversas revisões bancárias. Sempre que a ação tiver como uma das partes a União, haverá execuções fiscais de FGTS, INSS e tributos federais (MULLER 2017).

Perícia Extrajudicial: De acordo Alberto (2012) é aquela realizada fora do Estado, por necessidade e escolha de entes físicos e jurídicos particulares, ou seja, não submetíveis a outra pessoa encarregada de arbitrar a matéria conflituosa. Esse tipo de perícia subdivide-se em demonstrativas, discriminativas e comprobatórias. As demonstrativas têm a finalidade de demonstrar a veracidade ou não do fato ou coisa previamente especificados na consulta, já as discriminativas é instada a colocar nos justos termos os interesses de cada um dos envolvidos na matéria potencialmente duvidosa ou conflituosa, e as comprobatórias visam à comprovação das manifestações patológicas da matéria periciada.

Perícia Trabalhista e Cível: A perícia ocorre em duas esferas judiciárias: a cível e a trabalhista. Na esfera trabalhista, a maioria dos casos é de liquidação de sentença que apura verbas rescisórias e indenizatórias discutidas pelos requerentes, torna-se um trabalho de natureza repetitiva, pois os processos são semelhantes em sua grande maioria. Já na esfera cível federal, estadual e municipal, os procedimentos judiciais são variados com assuntos como: resolução de quotas e apuração de haveres, lucros cessantes e danos emergentes, apuração de fundo de comércio, desequilíbrio econômico financeiro nas relações contratuais, execuções fiscais, dissolução de sociedade conjugal, pensão alimentícia, falência e recuperação, entre outros, (PELEIAS e ORNELAS 2013).

## 2.2 Reforma da Lei Trabalhista

A reforma trabalhista foi aprovada pelo Senado em 11 de Julho de 2017, e entrou em vigor após 4 (quatro) meses. Esta reforma fez mais de 100 (cem) alterações na Lei Trabalhista Brasileira, o que mudou as relações entre empregados e empregadores. Segue um comparativo de algumas dessas alterações entre como era e como ficaram após a reforma trabalhista.

Alterações na jornada de trabalho de acordo com a nova lei trabalhista.

| Como Era | De acordo com a Lei 13.467/17 |
|---|---|
| Máximo de 8 horas por dia, 44 horas semanais e 220 horas mensais. | São permitidas horas extras até o limite de 48 horas semanais (contada a jornada regular) e jornada de até 12 horas, desde que seguida por 36 horas de descanso. |
| O tempo de deslocamento era considerado jornada de trabalho, se o empregador fornecesse transporte. | O translado não contará na jornada, mesmo que o empregador forneça transporte. |
| Uma jornada de 8 horas permitia intervalo de 1h a 2h de intervalo. | O intervalo pode ser de 30 minutos, mediante acordo. |
| Não tratava de padronização de uniformes. | O empregador pode definir o padrão de uniformes, mas a higienização das peças deve ser feita pelo trabalhador (exceto se necessário produto especial). |

Alterações dos regimes alternativos de acordo com a nova lei trabalhista.

| Como Era | De acordo com a Lei 13.467/17 |
|---|---|
| Trabalho intermitente não era previsto em lei (a carga horária mínima era de 25 horas mensais). | Trabalho intermitente é permitido. |
| Lei não estabelece regras sobre home office. | Nova Lei trata inclusive sobre fornecimento de equipamentos e gasto com energia. |

Alterações quanto às demissões de acordo com a nova lei trabalhista.

| Como Era | De acordo com a Lei 13.467/17 |
|---|---|
| A saída dava direito ao saldo proporcional de salário, 13º e férias, além do saque do FGTS, e em casos de demissão sem justa causa, 40% do valor dele como multa, paga pelo empregador. Demitido tinha direito ao seguro desemprego. | As condições se mantêm, mas é permitida rescisão do contrato também a partir de acordo. Neste caso, o trabalhador tem direito a 80% do FGTS e metade da multa (20%), mas não tem direito ao seguro desemprego. |

Alterações na remuneração de acordo com a nova lei trabalhista.

| Como Era | De acordo com a Lei 13.467/17 |
|---|---|
| Comissões, porcentagens, gratificações ajustadas, diárias para viagens e abonos pagos era incluídos no salário para cálculos de encargos e INSS. | Os itens deixam de contar para os cálculos de encargos e INSS. |
| Remuneração por produtividade não podia ser inferior à diária correspondente ao piso da categoria ou salário mínimo. | O pagamento do piso ou salário mínimo não é mais obrigatório na remuneração por produção. |

Alterações do acordo coletivo de conforme com a nova lei trabalhista.

| Como Era | De acordo com a Lei 13.467/17 |
|---|---|
| A lei não previa acordos, mas eles eram considerados se houvesse entendimento entre empregador e empregados. Porém, a Justiça poderia barrar os que não favorecessem os trabalhadores. | O que foi negociado vale sobre o legislado. |

Alterações quanto às multas de acordo com a nova lei trabalhista.

| Como Era | De acordo com a Lei 13.467/17 |
|---|---|
| Empresa que mantivesse empregado sem registro pagava multa de um salário mínimo regional por trabalhador não registrado. Infrações envolvendo admissão e férias tinham multa de meio salário mínimo regional. Reincidência dobrava o valor. | Multa por funcionário não registrado tem valor fixo de R$ 3 mil por empregado, para micro e pequenas empresas em R$ 800,00. Outras infrações têm valor fixado em R$ 600,00. |

Alterações do período de férias de acordo com a nova lei trabalhista.

| Como Era | De acordo com a Lei 13.467/17 |
|---|---|
| As férias de 30 dias podiam ser fracionadas em até dois períodos, sendo que um deles não poderia ser inferior a 10 dias. Havia possibilidade de 1/3 do período ser pago em forma de abono. | As férias podem ser fracionadas em até três períodos, mediante negociação, sendo que um deles não pode ser inferior a 14 dias corridos e os demais não poderão ser inferiores a 5 dias corridos. |

A reforma da Lei 13.467/17 também alterou a contribuição sindical que antes era de valor equivalente a um dia de trabalho, mesmo que o trabalhador não fosse sindicalizado e passou a ser opcional, podendo ser descontada somente com autorização do empregado. Além disso, mulheres grávidas eram proibidas de trabalhar em lugares com condições insalubres e não havia limite de tempo para avisar a empresa sobre a gravidez, com a nova lei é permitido o trabalho de mulheres grávidas em ambientes insalubres, só ficam desobrigadas em caso de risco a ela e ao bebê, comprovado por laudo médico, e caso forem demitidas tem até 30 dias para informar a empresa sobre a gravidez.

Alguns artigos como 13º salário, férias remuneradas, licença maternidade e paternidade, aviso prévio e o depósito de FGTS não sofreram alterações da Nova Lei Trabalhista.

### 2.3 Laudo Pericial Contábil

O laudo pericial é a peça probante escrita, objetiva, clara, precisa e sucinta, na qual o perito contador expõe de forma circunstanciada as observações e estudos que foram feitos, e registram as conclusões fundamentadas da perícia. Devem atender as necessidades do julgador e o objeto de discussão, sendo vedadas as informações que conduzam a interpretações imprecisas, para que os julgadores não cometam erros, de acordo com HOOG (2007).

Ainda para Hoog a redação do laudo deve ser abrangente e de forma a valorizar o vernáculo nacional, além de expor as minudências ligadas à demanda. Com base na ciência contábil deve esclarecer a essência dos fatos colocados à apreciação do perito, onde a opinião deve ser fundamentada na inspeção pericial, prestigiando a doutrina nacional contábil.

Alberto (2012) apresenta cinco espécies de laudo pericial que são classificadas segundo um conjunto de caracteres como finalidade, técnica utilizada e utilidade, são eles: Laudo Pericial, Relatório de Vistoria, Laudo de Louvação, Parecer Pericial e Laudo Arbitral.

## 3. METODOLOGIA

Este estudo está classificado como uma pesquisa descritiva, a coleta de dados se deu por meio da coleta junto ao sítio do Tribunal Regional do Trabalho da 4ª Região do Rio Grande do Sul (TRT4). A mostra estratificada foi a vara do trabalho de Erechim, onde classificou-se os dados dos anos de 2015 a 2017 até o primeiro semestre de 2018. Foram analisados por meio de estatística descritiva, onde buscou-se demonstrar o volume de processos que ingressaram de forma comparativa, antes e após a entrada em vigor da nova Lei Trabalhista.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

Dados divulgados pelo Tribunal Superior do Trabalho (TST) revelam uma redução de 39,3% de novas ações trabalhistas ingressadas no país entre os primeiros cinco meses de 2016, antes da reforma trabalhista, e o mesmo período de 2018.

Além disso, os números apontam que, no fim do ano passado, havia 1,8 milhão de ações à espera de julgamento em todo o país; em maio deste ano, eram 1,5 milhão processos.

A redução é atribuída à reforma trabalhista, aprovada em novembro de 2017, que se destaca a exigência de que, em caso de derrota, o trabalhador pague os honorários do advogado da empresa, mesmo quando reconhecido juridicamente como pobre – na prática, anulando o dispositivo legal que isenta de custos processuais a parte que declarar não poder arcar com as despesas da ação judicial.

Neste sentido, buscou-se verificar junto às estatísticas do Tribunal do trabalho da 4ª região, o volume de processos novos que deram entrada na vara do trabalho de Erechim, demonstrados no Gráfico 1.

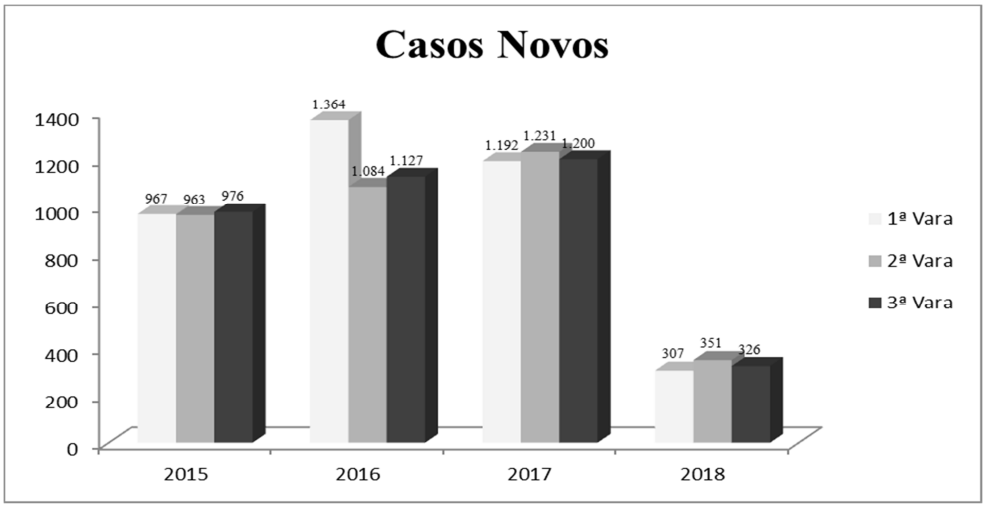



Gráfico 1: Ingresso de novos processos na Justiça do Trabalho de Erechim.

Em relação aos novos processos que ingressaram, percebe-se que em 2015 ingressaram nas varas do trabalho de Erechim, 2.906 novas ações, em 2016 foram 3.575 ações já, em 2017 3.723, entretanto até junho de 2018 foram apenas 984 ações. Uma redução de 50% em relação ao ano de 2017, esse percentual refere-se a 50% do volume total do mesmo ano. Pode-se atribuir essa redução, não pela melhoria nas relações de trabalho, mas sim, pela imposição de sanções àqueles que ajuízem as ações e porventura não tenham sucesso. Entre elas, a responsabilidade pelo pagamento dos honorários de sucumbência e periciais.

Buscou-se conhecer, o volume de processos pendentes de liquidação. A liquidação da sentença é uma fase intermediária, localizada sequencialmente entre a fase de conhecimento e a fase de execução. A partir do momento em que não é cabível mais recursos sobre a sentença prolatada, dá-se início à sua execução. Ocorre que, na maioria das vezes, as sentenças proferidas pela Justiça do Trabalho são ilíquidas, havendo a necessidade de tornar a sentença líquida, ou seja, calcular o valor exato a ser pago pelo devedor, para tornar possível o cumprimento da sentença. No Gráfico 2 apresenta-se o estoque de processos pendentes de liquidação.

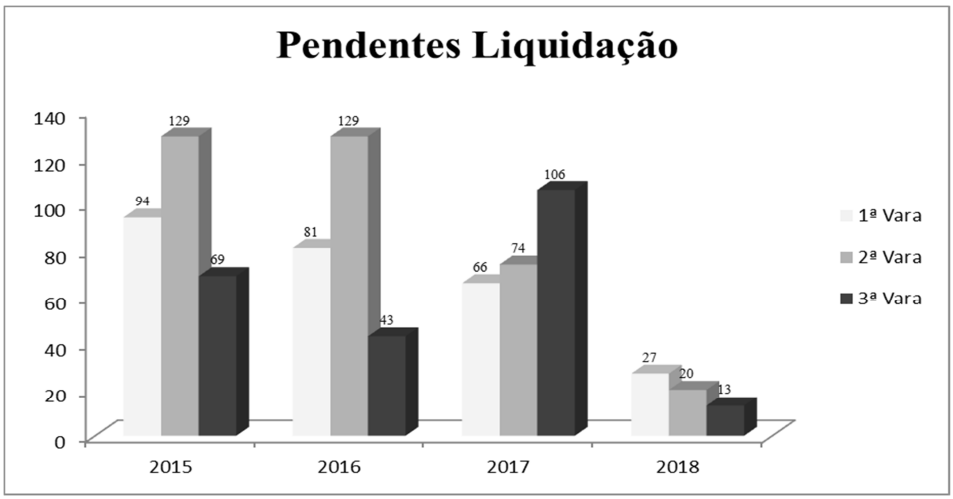



Gráfico 2: Processos Pendentes de Liquidação na Justiça do Trabalho de Erechim.

Nos processos trabalhistas, a forma de liquidação mais comum é a liquidação por cálculo. Uma vez que é utilizada nos processos em que a sentença contém os elementos necessários ao cálculo do quantum deve ser pago ao reclamante. Na liquidação por cálculo o valor pecuniário da obrigação contida na sentença será fixado em função da realização de cálculos aritméticos com os parâmetros já estabelecidos na sentença condenatória, podendo ser realizados por contador da vara judiciária, por perito designado pelo juiz ou pelas partes.

Nesse momento o perito contador oferece seus conhecimentos técnicos ao Juiz, no ano de 2015 foram liquidadas 292 ações, já em 2016 253 ações, em 2017 esse número chegou a 246 ações, no primeiro semestre de 2018 esse número caiu para 60 ações. Pode-se inferir que a reforma trabalhista contribui para a redução do trabalho dos peritos contábeis.

A execução trabalhista é a fase do processo em que se impõe o cumprimento do que foi determinado pela Justiça, o que inclui a cobrança forçada feita a devedores para garantir o pagamento de direitos. A fase de execução só começa se houver condenação ou acordo não cumprido na fase de conhecimento, em que se discutiu ou não a existência de direitos. No Gráfico 3 apresenta-se os processos pendentes de execução na Justiça do Trabalho de Erechim.

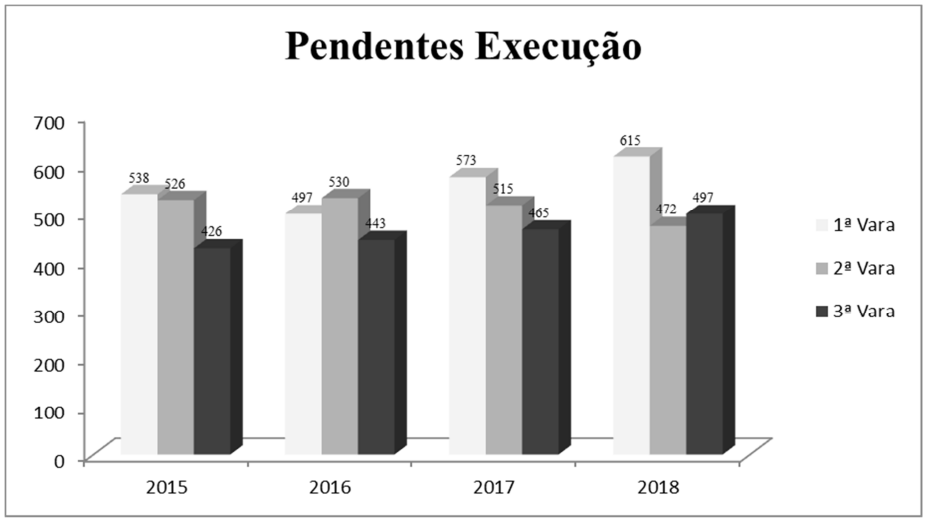



Gráfico 3: Processos Pendentes de Execução na Justiça do Trabalho de Erechim.

No ano de 2015 havia 1.490 processos em fase de execução, ou seja, pendentes de pagamento, em 2016 esse número passou para 1.470, já em 2017 chegou a 1.553, no primeiro semestre de 2018 esse número já esta em 1.584.

A execução trabalhista é considerada um dos gargalos da Justiça, com elevadas taxa de congestionamento. Há casos em que mesmo havendo acordo, algumas empresas deixam de cumpri-lo. Em outras situações, as partes divergem quanto ao valor da dívida e apresentam recursos para contestar os cálculos, o que atrasa a conclusão dos processos.

## 5. CONCLUSÃO

O objetivo desse artigo foi destacar o fluxo dos processos antes e pós reforma trabalhista, Vara do Trabalho de Erechim. Verificou-se que essa reforma impactou, diminuindo para metade o fluxo de novos processos, isso foi sentido também nos casos pendentes de liquidação. Já os casos pendentes de execução tiveram aumento no primeiro semestre de 2018.

A mudança na Lei Trabalhista mudou as relações entre empregados e empregadores, percebemos isso através dos tribunais, onde as reclamações trabalhistas caíram drasticamente. Assim, pode-se atribuir essa redução, não pela melhoria nas relações de trabalho, mas sim, pela imposição de sanções àqueles que ajuízem as ações e porventura não tenham sucesso. Entre elas, a responsabilidade pelo pagamento dos honorários de sucumbência e periciais. Pode-se inferir que a reforma trabalhista contribui para a redução do trabalho dos peritos contábeis.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBERTO, V. L. P., 2012. *Perícia Contábil*. Atlas, São Paulo. 5ª edição.

MULLER, A. N., 2017. *Perícia Contábil.* Saraiva, São Paulo.

HOOG, W. A. Z., 2007. *Prova pericial contábil: aspectos práticos & fundamentais.* Jeruá, Curitiba. 5ª edição

PELEIAS, I. R e ORNELAS, M. M. G., 2013. Conversando com o perito – um olhar sobre o quotidiano da atividade pericial contábil no Poder Judiciário paulista. *Revista Brasileira de Contabilidade*. N. 203, out. p, 89.

ZANNA, R. D., 2011. *Prática de perícia contábil.* IOB, São Paulo. 3ª edição.

CFC. *Conselho Federal de Contabilidade.* 31 Ago. 2018 <https://cfc.org.br/tecnica/normas-brasileiras-de-contabilidade/ >

CLT. *Consolidação das Leis do Trabalho.* 07 Set. 2018 <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del5452.htm>

TRT4. *Tribunal Regional do Trabalho da 4ª Região – Rio Grande do Sul.* 01 Set. 2018 < https://www.trt4.jus.br/portais/trt4>

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI

# Direito:

# Estado, Sociedade, Indivíduos e Instituições

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# (IN)FORMAÇÃO DE OPINIÃO: NARRATIVA MIDIÁTICA E DISCURSO DE ÓDIO X EXERCÍCIO DA DIVULGAÇÃO DA INFORMAÇÃO

**Bianca Moreira Litwin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus de Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621, Centro – Erechim, RS.
bianca.litwin@outlook.com

**Giana Lisa Zanardo Sartori**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus de Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621, Centro – Erechim, RS.
sgiana@uri.com.br

***Resumo:*** *O presente artigo tem por objetivo analisar a ampla influência da narrativa midiática sobre a sociedade, mais especificamente no que tange à propagação do discurso de ódio e à compreensão sobre o funcionamento do sistema penal, bem como as violações constitucionais cometidas pela mídia durante o exercício da divulgação da informação. O método utilizado foi o analítico, com pesquisa bibliográfica e texto expositivo. Foi abordado o poder de influência que a mídia possui sobre a sociedade, fazendo parte do cotidiano das pessoas e atuando como influenciadora de opinião pública. Realizou-se uma explanação a respeito do papel de propagar o discurso de ódio adotado pela mídia, através da repetição de notícias relativas a crimes e violência. Por fim, o artigo se volta a uma breve elucidação a respeito de alguns princípios e garantias constitucionais e de sua constante violação por parte da mídia. Diante do estudo realizado, nota-se que a mídia faz uso de seu amplo poder de difusão para propagar o discurso de ódio, especialmente em relação aos agentes ligados ao processo penal, de modo a abandonar sua real função social de atuar como divulgadora da informação, de modo imparcial. Além disso, percebe-se a constante violação de dispositivos constitucionais por parte da mesma, o que traz consequências negativas à sociedade como um todo. Ainda, aufere-se que tais situações também são consequências da evolução científica e tecnológica observada na sociedade.*

***Palavras-chave:*** *mídia, sociedade, discurso de ódio.*

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo do artigo é analisar a influência que a mídia possui na sociedade, principalmente no que tange à propagação do discurso de ódio. Apresentam-se argumentos relativos ao poder de manipulação que a mesma possui em relação à opinião pública, sendo expostas características relativas aos meios de comunicação mais utilizados para atingir esse fim, bem como sendo feita uma analogia entre a atuação midiática, o devido processo legal e a violação, por parte da mídia, de princípios e garantias previstos na Constituição Federal Brasileira de 1988.

Se constata a relevância do assunto a partir da percepção de que a mídia possui um importante papel social; o qual, muitas vezes, acaba sendo deturpado, de modo que a mesma tende a utilizar seu amplo poder de alcance de forma negativa, incentivando a violência, a vingança e o discurso de ódio por meio de seus diversos meios de comunicação.

A respeito da metodologia, a fonte de pesquisa primordial foi a bibliográfica, desenvolvida através de artigos e obras de Antropologia, Educação, Comunicação, Linguagem e Direito. Pesquisas em endereços eletrônicos complementam a técnica de pesquisa utilizada. O texto se desenvolve através do método analítico, na forma expositiva.

O artigo foi dividido em três tópicos. O primeiro visa demonstrar a influência que a mídia tem sobre a sociedade, sendo parte integral do cotidiano das pessoas, de modo a fazer uso dos diversos meios de comunicação existentes, frutos de uma evolução científica e tecnológica – como a televisão, o rádio e a internet – com o intuito de atuar como uma ferramenta de controle social, influenciando a opinião pública.

No tópico seguinte, é feita uma exposição a respeito da formação de uma cultura do medo, graças à constante divulgação da violência na imprensa, que dá base à legitimação do discurso de ódio produzido pela sociedade e incentivado pela mídia. O terceiro e último item trata das violações relativas aos princípios e garantias constitucionais cometidos pela mídia, principalmente em relação ao processo penal.

## 2. A INFLUÊNCIA DA MÍDIA SOBRE A SOCIEDADE

Segundo Dileta Martins e Lúbia Zilberknop (2017), "a comunicação é um processo social e, sem ela, a sociedade não existiria". Dada a sua relevância social, o processo comunicacional foi alavancado com o surgimento da televisão, do rádio e da internet, que são alguns dos elementos constituidores da mídia, definida pelo Dicionário Houaiss da língua portuguesa como "o conjunto dos meios de comunicação de massa" (Houaiss, Villar e Franco, 2015).

É grande o poder que a mídia tem sobre a sociedade, já que é ela a responsável pela intermediação entre o fato, posteriormente transformado em notícia, e a população, alvo da informação (de Lima, 2004). Por conta disso, ela exerce grande influência em relação aos mais variados aspectos da vida das pessoas, como seus hábitos alimentares, de consumo e até mesmo sobre seu modo de agir e pensar.

Na sociedade contemporânea, caracterizada pela divulgação e propagação de informações (Hoff, 2007), é notória a presença da mídia no cotidiano das pessoas, que podem ter acesso a ela a qualquer momento e lugar. A conexão do cidadão com a mídia ao longo do dia é quase que integral, sendo que, quando não se está navegando na internet através do computador ou do celular, se está lendo o jornal, ouvindo o rádio ou assistindo à televisão (de Lima, 2004).

Tendo em vista a amplitude e o alcance que a mídia possui, a dimensão alcançada por ela através dos diversos meios de comunicação é incalculável, atingindo pessoas das mais variadas localidades e classes sociais (de Lima, 2004). Isso é possível graças a vasta gama de meios de comunicação de massa à disposição da mídia, sendo o rádio, a televisão e a internet, os principais.

O fato de o ouvinte ser informado em tempo hábil a respeito das mais variadas situações, é uma das principais características do rádio, além do fato de que ele atinge também as pessoas que se encontram mais afastadas da área urbana, o que o torna a principal fonte de informação das mesmas (Ferreira, 2013). A televisão, ao adotar a palavra atrelada à imagem, possui maior poder de influência sobre o receptor, ao passo que, conforme explica Márcia Pechula (2007), a recepção da informação é potencializada pela junção dessas duas ferramentas, despertando mais facilmente o interesse da audiência e obtendo a confiança e a credibilidade da mesma.

A internet, segundo Cibelle Rodela (2005), "não é somente um instrumento de elaboração, armazenamento e transmissão de informação, mas uma instituição inserida no contexto da sociedade contemporânea". Conforme o pensamento da autora, seu modelo de operação é marcado pela descentralização e interatividade, possibilitando uma fusão entre o receptor e o emissor da informação, o que rompe com o monopólio da informação pelas mídias tradicionais.

A grande diferença entre a internet e os demais meios de comunicação de massa reside no fato de que a informação transmitida pelos mesmos é organizada e filtrada, ao passo que a internet confere acesso amplo à extensa gama de informações, bem como às mais variadas fontes. Segundo Tânia Hoff (2007), a mídia, no geral, apresenta apenas uma das diversas leituras possíveis dos temas e fatos abordados por ela, de modo que não proporciona o acesso ao todo, apenas a fragmentos. Segundo Ribeiro et. al (2018), a mídia abandonou seu caráter meramente informativo, passando a atuar como uma influenciadora de opinião pública, através da exposição de fatos resumidos.

Essa situação fica clara ao se analisar o discurso jornalístico, caracterizado pela predominância do discurso em terceira pessoa e pela utilização da função referencial, responsável por revesti-lo de um caráter informativo e documental (Baccega, de Azevedo, 2007), passando a impressão de que o que é dito pelo jornalista corresponde à verdade real e não a uma narrativa baseada em recortes de fatos e opinião.

Devido a esse método camuflado de divulgação da informação, aquilo que é ditado pela mídia acaba sendo aceito por grande parte da audiência, que toma o discurso como verdadeiro e incontestável, inclusive o utilizando como ponto de referência para a formação de opiniões e a tomada de decisões (Hoff, 2007). Isso ocorre, pois grande parcela da população não procura por fontes distintas afim de melhor compreender a respeito de determinado assunto noticiado, buscando por opiniões divergentes ou pelo outro lado da história. Ou seja, se toma como verdade o que é dito pelos instrumentos midiáticos sem que haja um raciocínio e um posicionamento crítico a respeito dos assuntos pautados.

Essa tendência em manipular a informação transformou a mídia em uma ferramenta de controle social, que passou a influenciar diretamente o juízo coletivo através de uma transmissão conduzida dos fatos. A partir disso, é possível identificar o discurso autoritário presente na mídia, considerando que a mesma, ao analisar a informação da qual é detentora, define uma posição, posteriormente propagada na sociedade. Dessa forma, se inviabiliza a ocorrência de eventuais opiniões divergentes e, consequentemente, se exerce um efetivo controle sobre a opinião pública.

## 3. A MÍDIA COMO PROPAGADORA DO DISCURSO DE ÓDIO NA SOCIEDADE

Considerando o fato de que o principal objetivo da mídia é a constante elevação dos números relativos a sua audiência, a mesma prioriza a divulgação de assuntos que interessam ao público ao qual ela se direciona. Temas que chamam a atenção da população, causando perplexidade e revolta, são os preferidos dos noticiários. Geralmente, esses temas estão associados a crimes e violência.

Por conta da constante divulgação da violência na imprensa, vem sendo diariamente reforçada na população a ideia de insegurança, instabilidade social e ineficácia do sistema penal brasileiro. O que permite a propagação da chamada

cultura do medo na sociedade, dando base à legitimação do discurso de ódio, insistentemente propagado pela narrativa midiática. A respeito do assunto, Laura Gama (2007) entende que o medo é demasiadamente explorado pela mídia, o que estimula a sensação de insegurança a partir da repetição de notícias a respeito da ocorrência de crimes e atos violentos. Com base nisso, os meios de comunicação de massa atuam na construção da figura do inimigo e na desconstrução da essência do ser humano.

Segundo Angel Pino (2007), existem atos violentos nos quais a violência não toma grandes proporções, parecendo se esgotar no próprio ato praticado, ao passo que outros possuem consequências mais amplas, atingindo o corpo social, o que provoca indignação e repulsa por parte de diversos setores sociais. Em muitas ocasiões, essa situação origina reações equivalentemente violentas. A partir disso, é possível realizar uma análise a respeito das estratégias utilizadas pela mídia que visam chamar a atenção do público, ao passo que os fatos mais em voga nas notícias diárias são aqueles cujas ações reverberam no corpo social, ocasionando, conforme afirma Ribeiro et. al. (2018), uma propagação de opiniões extremistas e conservadoras, que dão margem à formação do discurso de ódio.

O discurso de ódio consiste em uma "manifestação discriminatória externalizada, que abrange os atos de discriminar e de instigar a discriminação contra determinado grupo de pessoas que possuem uma característica em comum". O referido modelo de discurso baseia-se na ideia de superioridade de seu emissor em relação ao alvo da fala. Quando veiculado em meios de comunicação de massa, sua capacidade nociva é consideravelmente aumentada, devido ao amplo poder difusor da mídia (da Silva et. al., 2011). Segundo Matheus Martins e Cristiane de Menezes (2017), um dos principais fatores solidificadores do discurso de ódio é a intolerância.

É necessário atentar para o fato de que, as tecnologias, cada vez mais aprimoradas, ocasionam um estado de descontrole social, pois seus efeitos fogem do controle do indivíduo. Isso potencializa ainda mais as consequências de uma violência regida pela "relação meios/fim", na qual não apenas os fins visam justificar os meios, mas os meios passam a dominar os fins, o que é um grande problema (Pino, 2007 apud Arendt, 1975). Ou seja, em relação ao discurso de ódio, as reações violentas são justificadas pelas atitudes violentas que as provocaram, criando um ciclo de violência cada vez mais difícil de ser rompido.

Observa-se que, na televisão, principalmente nos noticiários de cunho sensacionalista, é defendido um discurso punitivo, compatível com o pensamento de grande parte da população. É fomentado um debate acerca de questões penais e criminas sem, contudo, haver embasamento jurídico para sustentá-lo de forma coerente e técnica (Ribeiro et. al., 2018). A respeito do assunto, Érico de Lima (2017) reforça que, muitas vezes, a mídia veicula informações inverídicas, desprovidas de técnica, o que ocasiona em uma instrução equivocada da sociedade a respeito do processo penal.

A inovação proporcionada pelo advento da internet foi a possibilidade da expressão de crenças, ideologias, pensamentos e opiniões relativas a inúmeros assuntos por parte de seus usuários. Entretanto, as novas tecnologias permitiram o desenvolvimento de um terreno fértil para a propagação do discurso de ódio, que, de acordo com Matheus Martins e Cristiane de Menezes (2017), ultrapassa os limites da liberdade de expressão.

Percebe-se atualmente que seus mecanismos, principalmente as redes sociais, vêm facilitando a disseminação dos discursos de ódio na sociedade. Segundo Camila Ribeiro et. al. (2018), embora as situações que ocorrem no espaço cibernético sejam igualmente reais às que ocorrem no espaço físico, as pessoas sentem-se isoladas e protegidas quando estão utilizando a internet, o que acaba ocasionando um "bombardeio de opiniões" não filtradas por seus emissores, que causam efeitos extremamente prejudiciais a sujeitos e grupos específicos, mas também a sociedade como um todo.

Ricardo Stork e Javier Echevarría (2005) consideram que "é preciso interpretar toda conduta agressiva como um diálogo mal conduzido", enfatizando que a estrutura social contemporânea possui carências que impossibilitam o diálogo; sendo, por isso, responsáveis pela constância da violência enfrentada na sociedade atual. Essa questão é percebida ao se observar duas pessoas com posicionamentos opostos discutindo sobre um mesmo assunto. Dificilmente, o diálogo será conduzido de tal forma a ponto de proporcionar compreensão mútua e respeito em relação à opinião divergente.

Em âmbito criminal, um dos principais equívocos cometidos pela população e constantemente reforçados pela mídia, é o fato de que a prática de um delito consiste em justificativa plausível e suficiente para que se desqualifique seu autor, atrelando a sua imagem palavras de cunho negativo, como desumanidade e animalidade (Pino, 2007). De acordo com Ilton Costa, Renan Pugliesi e Rogério Cachichi (2017), essa forma de reprovação exige que o ofensor se coloque em uma posição defensiva, não permitindo que ocorra o desenvolvimento de uma compreensão acerca das consequências de seus atos.

De acordo com Camila Ribeiro et. al. (2018), os grupos sociais minoritários são os mais atingidos pelo discurso de ódio, considerando o fato de que seus emissores visam uma segregação social, com a efetiva exclusão desses grupos da comunidade.

Essa situação é favorecida pela narrativa midiática. Camila Ribeiro et. al. (2018) apresenta dois tipos de distorção da matéria de informação utilizadas pela mídia com o objetivo de atingir um maior número de espectadores: a distorção quantitativa e a qualitativa. A primeira se refere à frequência em relação a ocorrência de notícias sobre crimes específicos em detrimento de outros, não havendo simetria entre a quantidade de vezes em que o crime é noticiado e a quantidade de vezes que ele, de fato, ocorre. A segunda forma de distorção é relativa à preferência a um tipo particular de agente ou contexto.

Ao realizar uma análise sobre o discurso de ódio tendo como base dois episódios da série televisiva Black Mirror, Otávio Vinhas (2017) identificou alguns aspectos característicos desse tipo de discurso:

> a) a divisão, provocada por interfaces tecnológicas entre um 'nós' e um 'eles'; b) o olhar distorcido e desumanizante que a mediação das ferramentas de comunicação podem criar do outro; c) a internet como um terreno potencialmente fértil para a manifestação de ideias violentas (Vinhas, 2017, p. 9).

Tendo em vista o caos político, econômico e social em que o Brasil vive atualmente, é corriqueira a manifestação do discurso de ódio direcionada aos delinquentes, sendo cada vez mais comum a utilização de expressões como "bandido bom é bandido morto", "direitos humanos só servem para defender bandido", entre outras. A situação chegou a tal ponto que discursos de ódio e atitudes extremistas são incentivados e vistos como a única opção razoável para controlar a violência presente na sociedade. Segundo Camila Ribeiro et. al. (2018), o que existe hoje "é a propagação de um discurso de ódio ao criminoso diante de um sistema punitivista e celetista de criminalização".

O discurso de ódio sendo incentivado pela mídia, a insatisfação da população com o Poder Público e a violência sendo justificada pela violência vem moldando a sociedade a um retrocesso a era onde predominava a vingança privada, caracterizada, de acordo com Júlio Mirabete e Renato Fabbrini (2016), pela reação contra o ofensor, sem ser considerada a proporção em relação a mesma e ao dano cometido. Segundo Guilherme Nucci (2018), esse tipo de vingança nunca obteve sucesso, de modo a gerar um ciclo vicioso de violência de difícil rompimento.

Diante desse cenário, tem sido evidente a atuação da mídia contra os princípios e garantias constitucionais, o que será explanado no tópico seguinte.

## 4. MÍDIA COMO VIOLADORA DE PRINCÍPIOS E GARANTIAS CONSTITUCIONAIS

A Constituição Federal, segundo Paulo Bonavides (2016), exprime todo o conteúdo essencial à composição e ao funcionamento do Estado, de modo que "não há Estado sem Constituição". Esse instrumento jurídico consigna as determinações basilares e, consequentemente, mais importantes de uma sociedade.

Ao incitar a vingança, o discurso de ódio e a violência no combate à violência, a mídia acaba, muitas vezes, violando os dispositivos constitucionais; pois, de acordo com Camila Ribeiro et. al. (2018), atua desrespeitando garantias e direitos fundamentais dos indivíduos, além de incentivar, de forma indireta, discursos que defendem a pena de morte, a tortura e outras expressamente vedadas pela legislação brasileira.

Além disso, outra questão alarmante é o fato de que os meios de comunicação de massa conduzem a informação de modo a permitir amplas e equivocadas interpretações acerca do sistema penal, o que gera efeitos devastadores ao Direito Penal e, principalmente, às garantias constitucionais inerentes ao processo penal (Ribeiro et. al., 2018). A respeito do assunto, Érico de Lima (2017) faz a seguinte afirmação em relação a mídia:

> De uma só vez, a si concede o poder de polícia de investigar, o poder do *Parquet* de acusar e, por fim, o poder de julgar. Desta forma, acaba quase que por criar um princípio, pelo menos no que tange aos leigos isto já está sedimentado: de que todo aquele que está sendo processado, se assim o está, muito provavelmente deve ser condenado (de Lima, 2017, p. 129).

O princípio constitucional da presunção de inocência ou da não culpabilidade é um dos que têm sido constantemente violados pela mídia, visto que quando a mesma aponta determinado sujeito como suspeito de um crime – geralmente de caráter violento –, induz na sociedade o pensamento de que aquele é o culpado pelo cometimento do crime, não lhe dando margem de defesa, passando o mesmo a ser alvo do clamor popular pela condenação judicial (de Lima, 2017). Assim, também se observa a violação ao princípio do contraditório e da ampla defesa, previsto no art. 5º, LV, da Constituição Federal Brasileira de 1988 (BRASIL, 2016).

Outra garantia constitucional claramente não observada pela mídia é a que consta no art. 5º, V, da Constituição Federal Brasileira de 1988, mais especificamente direcionada aos meios de comunicação na Lei 11.388 de 11 de novembro de 2015, que garante ao indivíduo o direito de resposta ou retificação a respeito de informação equivocada que tenha sido divulgada em veículo de comunicação social. Seu art. 2º estabelece que: "ao ofendido em matéria divulgada, publicada ou transmitida por veículo de comunicação social é assegurado o direito de resposta ou retificação, gratuito e proporcional ao agravo" (BRASIL, 2015).

O autor afirma ainda que a coexistência do referido princípio e do direito à informação é plenamente possível, devendo, entretanto, ser respeitado o processo penal, de modo que a sociedade e a mídia não possuem o direito de jugar um suspeito antes do trânsito em julgado da sentença penal condenatória, após a ocorrência do devido processo legal (de Lima, 2017).

É importante destacar que a dignidade da pessoa humana é ferida quando alguém é atingido por alguma forma de constrangimento. Entretanto, na esfera do discurso de ódio, é atacada a dignidade de um grupo de indivíduos, não apenas de uma única pessoa. Nessa conjuntura, tem-se o que se chama de "vitimização difusa", na qual, mesmo que

apenas um sujeito tenha sido diretamente atingido pelo discurso, todos aqueles que compartilham da característica objeto da discriminação, sentem-se violados. Dessa forma, as vítimas são diversas, não podendo ser identificadas qualitativa nem quantitativamente (da Silva et. al., 2011).

Conforme exposto anteriormente, a mídia veicula informações relativas a situações penais sem possuir, contudo, suficiente embasamento jurídico, ocasionando uma distorção do entendimento coletivo sobre o processo penal. Ademais, a mídia atua julgando sujeitos por crimes que supostamente cometeram; e, consequentemente, a sociedade compartilha desse papel de julgar, que deveria pertencer somente a um juízo em específico. Essa situação, de certo modo, viola o art. 5º, LIII, da Constituição Federal Brasileira de 1988, que garante que "ninguém será [...] sentenciado senão pela autoridade competente" (BRASIL, 2016), ao passo que a mídia sentencia o suspeito a carregar a imagem de criminoso por tempo indeterminado, dado o amplo poder de alcance que a mesma possui. Na mesma linha, é violado o disposto no art. 5º, LVII, da Constituição Federal Brasileira de 1988, que garante que "ninguém será considerado culpado até o trânsito em julgado de sentença penal condenatória".

O papel social da mídia em atuar na informação da sociedade é essencial e não deve ser erradicado. O que se mostra necessário, contudo, é que seja observada, conforme expõe Eugênio Bucci (2000), a busca pela verdade, de modo a ser certificada a não ocorrência de deturpações nas notícias e garantida a imparcialidade na interpretação das informações.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que a mídia exerce grande influência sobre diversos aspectos da vida das pessoas, estando presente de forma integral no cotidiano das mesmas. Sua tendência em manipular a informação fez com que ela se transformasse em uma ferramenta de controle social, passando a influenciar diretamente o juízo coletivo através de uma deturpação da informação, transmitida por meio dos mecanismos de comunicação que dela fazem parte.

A constante divulgação de notícias relativas a crimes e violência tem induzido no imaginário coletivo a ideia de que o sistema penal é ineficaz, ensejando uma sensação de insegurança e insatisfação com o Poder Público. Essa situação contribui para o desenvolvimento de uma cultura do medo, a qual embasa a tese legitimadora do discurso de ódio, principalmente em relação aos indivíduos à margem da sociedade, de modo que a mídia atua na defesa de um sistema punitivo e celetista de criminalização, incentivando atitudes extremistas como única opção razoável para o efetivo controle da violência presente na sociedade.

Percebe-se que a mídia, ao incitar a vingança, o discurso de ódio e meios violentos no combate à violência, viola dispositivos constitucionais, considerando o fato de que a mesma desrespeita direitos e garantias individuais, incentiva penas vedadas pela legislação brasileira e desconsidera questões inerentes ao devido andamento do processo penal. Assim, com a insatisfação da população com o Poder Público e tendo em vista o fato de que a violência está sendo justificada pela violência, a sociedade está a poucos passos de um retrocesso social, sujeita a uma regressão aos tempos primitivos, à era na qual predominava a vingança privada.

Cabe a ressalva de que o combate ao discurso de ódio não é sinônimo do estabelecimento de um discurso único, sendo a pluralidade de opiniões de extrema importância em um regime democrático. Entretanto, é essencial que seja incentivada a tolerância, de modo que a liberdade de expressão e o direito à informação não sejam confundidos com desrespeito à dignidade da pessoa humana.

O papel social da mídia em atuar na informação da sociedade é essencial e não deve ser erradicado. O que se mostra necessário, contudo, é que sejam observadas as diretrizes éticas e as normas jurídicas, de modo a tornar possível a restauração do papel social da mídia em atuar na efetiva informação da população.

## 6. REFERÊNCIAS

Baccega, M. A. e de Azevedo, A. F., 2007. "O discurso hegemônico de Veja e a construção da imagem do pobre". Revista Comunicação & Educação. N. 1. p. 97-103. São Paulo: Paulinas.

Bonavides, P., 2016. "Curso de direito constitucional". 31. ed. São Paulo: Malheiros.

BRASIL, 2016. "Constituição (1988). Constituição Da República Federativa Do Brasil". 53. ed. São Paulo: Saraiva.

BRASIL, 2015. "Lei 11.388, de 11 de novembro de 2015". Dispõe sobre o direito de resposta ou retificação do ofendido em matéria divulgada, publicada ou transmitida por veículo de comunicação social. 10 Set. 2018. < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13188.htm>.

Bucci, E., 2000. "Sobre ética e imprensa". São Paulo: Companhia das Letras.

da Costa, I. G., Pugliesi, R. C. M. e Cachichi, R. C. D., 2017 "Superando paradigmas: a aplicação da justiça restaurativa em casos que envolvem violência doméstica. Revista Brasileira de Ciências Criminais. Vol. 137. São Paulo: Revista dos Tribunais.

Ferreira, A. P., 2013. "A invenção do rádio: um importante instrumento no contexto da disseminação da informação e do entretenimento". 6 Set. 2018. <http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/moci/article/viewFile/1967/1237>. Revista Múltiplos Olhares em Ciência da Informação. Vol 3. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais.

Gama, L. J. J., 2017. "A mídia como gestora da sociedade do espetáculo: A consequente criação do inimigo do direito penal". 4 Set. 2018. <http://investidura.com.br/biblioteca-juridica/artigos/direito-penal/336096-a-midia-como-gestora-da-sociedade-do-espetaculo-a-consequente-criacao-do-inimigo-do-direito-penal>.

Hoff, T. M. C, 2007. "O texto publicitário como suporte pedagógico para a construção de um sujeito crítico". Revista Comunicação & Educação. N. 2. p. 29-38. São Paulo: Paulinas.

Houaiss, A., Villar, M. S. e Franco, F. M. M., 2015. "Pequeno dicionário Houaiss da língua portuguesa". São Paulo: Moderna.

de Lima, E. F. C., 2017. "As Mazelas do Processo Penal: Influências da Mídia". Revista Magister de Direito Penal e Processual Penal. Vol. 77. p. 110-131. Porto Alegre: Magister.

Martins, M. D. P. e de Menezes, C. P. P., 2017. "Vivendo o discurso de ódio: os episódios de antissemitismo e racismo na Universidade Federal De Santa Maria e suas repercussões na mídia local". Artigo apresentado na 14ª Semana Acadêmica da FADISMA (Direito e Ciências Contábeis). 4 Set. 2018. <http://sites.fadisma.com.br/entrementes/anais/wp-content/uploads/2018/01/vivendo-o-discurso-de-odio.pdf>.

Martins, D. S. e Zilberknop, L. S., 2017. "Português instrumental: de acordo com as atuais normas da ABNT". 29. ed. São Paulo: Atlas.

Mirabete, J. F. e Fabbrini, R. N., 2016. "Manual de direito penal: parte geral, arts. 1º a 120 do CP". 32. ed. São Paulo: Atlas.

Nucci, G. S., 2018. "Manual de direito penal". 14. ed. Rio de Janeiro: Forense.

Pechula, M. R., 2007. "A ciência nos meios de comunicação de massa: divulgação de conhecimento ou reforço do imaginário social?". 6 Set. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132007000200005>. Revista Ciência & Educação. Vol. 13. p. 211-222. São Paulo.

Pino, A., 2007. "Violência, educação e sociedade: um olhar sobre o Brasil contemporâneo". Educação & Sociedade: Revista de Ciencia da Educação. Vol. 28. p. 763-784. São Paulo: Cortez.

Ribeiro, C. G. et. al., 2018. "Mídia e sistema penal: sistema midiático punitivista e a propagação do discurso de ódio". 4 Set. 2018. <http://investidura.com.br/biblioteca-juridica/artigos/direito-penal/336602-midia-e-sistema-penal-sistema-midiatico-punitivista-e-a-propagacao-do-discurso-de-odio>.

Rodella, C.A., 2005. "Internet: um novo paradigma de informação e comunicação". Revista Comunicação & Educação. N. 1. p. 41-48. São Paulo: Paulinas.

da Silva, R. L. et. al., 2011. "Discursos de ódio em redes sociais: jurisprudência brasileira". 4 Set. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-24322011000200004>. Revista Direito GV. Vol. 7. p. 445-468. São Paulo:

Stork, R. Y. e Echevarría, J. A., 2005. "Fundamentos de antropologia: um ideal da excelência humana". São Paulo: Instituto Brasileiro de Filosofia e Ciência "Raimundo Lúlio" (Ramon Llull).

Vinhas, O. I., 2017. "Direito e distopia tecnológica em Black Mirror: os discursos de ódio nas mídias digitais". Artigo apresentado no III Seminário Internacional Imagens da Justiça, Currículo e Educação Jurídica da Faculdade de Direito de Pelotas. 4 Set. 2018. <https://wp.ufpel.edu.br/imagensdajustica/files/2018/05/Direito-e-distopia-tecnol%C3%B3gica-em-Black-Mirror-os-discursos-de-%C3%B3dio-nas-m%C3%ADdias-digitais.pdf>.

## 7. NOTIFICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A TEORIA DA PERDA DE UMA CHANCE E SUA APLICABILIDADE NO ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO

**Dalana Bortoloso**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim
*dalanabortoloso@hotmail.com*
**Alessandra Biasus**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim
*alebiasus@hotmail.com*

***Resumo:*** *O presente trabalho tem por objetivo tecer considerações a respeito da teoria da perda de uma chance, que vem ganhando espaço no ordenamento jurídico brasileiro por meio de precedentes para sua aplicação em fatos consumados, não hipotéticos, e, não auferíveis de indenização por dano emergente e lucro cessante, restando uma lacuna no ordenamento jurídico, sendo possível que se preencha utilizando a teoria da perda de uma chance. Utiliza-se como base para esta pesquisa a análise de documentação bibliográfica, baseada em vídeos e livros de doutrinadores do ramo de direito civil, mais especificamente da responsabilidade civil, jurisprudência e decisões dos tribunais, bem como revistas e sites jurídicos. Aborda-se, como forma de exemplificação, um caso julgado pelo Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul, a fim de demonstrar a importância da aplicação da teoria. Sobretudo, traz-se a análise histórica e os casos mais comuns referentes a esta. Contudo, acredita-se que a maior dificuldade para a aplicação da teoria é justamente comprovar que a chance existiu, e que há o nexo causal com o resultado obtido, pois muitas vezes as partes nem chegam a ter ciência de que seu direito foi violado.*

*Palavras chave: Teoria da perda de uma chance; Direito civil; Responsabilidade civil; Ordenamento jurídico.*

## 1. INTRODUÇÃO

Sabemos que, para que o direito cumpra seu objetivo de regulamentar, organizar e, sobretudo proteger a sociedade, o mesmo deve acompanhar seu desenvolvimento. Com a grande evolução no mundo dos fatos, o mundo jurídico acaba por não abarcar tamanha exigência e, dessa forma, o Poder Judiciário se depara com situações em que o ordenamento jurídico não possui normas capazes de regulamentar determinados casos. Então, já que o sistema jurídico não estabeleceu regulmentação para o fato antes da consumação, são criadas formas para solucionar o conflito e estas formas abrem precedente para outros casos iguais ou parecidos, que serão julgados por analogia. Um exemplo disso é a criação da teoria da perda de uma chance, bem como muitas outras teorias criadas à luz de leis já publicadas, que se espalham pela doutrina e são aplicadas pelos orgãos do Poder Judiciário por meio de analogia á princípios constucionais e análise do caso apresentado ao julgador, bem como jurisprudências já públicadas. Por meio do metodo indutivo, baseado em documentação bibliográfica, o presente trabalho tem por objetivo tratar sobre a aplicação a teoria da perda de uma chance no ordenamento jurídico brasileiro. É possível perceber que a maior dificuldade são as provas de que a chance perdida teve nexo causal com determinada conduta de terceiro em que houve, de fato, prejuízo ou perda de lucro á alguém. Abordaremos neste trabalho o surgimento, evolução histórica, exemplos comuns na doutrina, e ainda mencionaremos um caso julgado pelo Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Para se falar em teoria da perda de uma chance, há que se falar em responsabilidade civil. A ideia de responsabilização por danos causados a outrem é difundida em Roma, principalmente com o surgimento da Lei das XII Tábuas. Com a amplitude, diversidade e complexidade dos fatos que passaram a ocorrer, paralelamente ao surgimento de leis civis, se estipula a distinção entre a culpa e o dolo, passando-se a exigir provas do dano, seja ele patrimonial, moral ou extrapatrimonial − e sobre tudo o nexo causal e o resultado − para que se pudesse julgar de forma justa o que lhes fosse proposto, como forma de se estabelecer reparação proporcional ao dano. (BIONDI, 2008). O dano é o elemento primordial para a responsabilização e, a indenização é consequência deste, seja ela culposa ou dolosa. Se não existir dano comprovado e ocorrer indenização será caracterizado como enriquecimento ilícito.

No âmbito da responsabilidade civil, podemos citar o dano emergente e o lucro cessante. O dano emergente ocorre quando determinada conduta ilícita de terceiro causa imediata diminuição no patrimônio da vítima, ou seja, a diferença entre o bem jurídico tutelado antes e depois do ato ilícito, o qual poderá ser restituído com a indenização. Já no lucro cessante, o efeito do ato ilícito de terceiro pode atingir não só direta e imediatamente, mas também futuramente o patrimônio da vítima, ou seja, perda de expectativa de lucro ou frustação do que já era esperado. (CAVALIERI FILHO, 2014)

Com a evolução do ordenamento jurídico e a responsabilidade civil já tipificada, inclusive no Código Civil Brasileiro, surgem casos em que a mesma não é capaz de abranger, sendo que estes abrem precedentes para criação de novas teorias, principalmente na doutrina.

Diante disso, surge na Itália por volta de 1960, a chamada teoria da perda de uma chance, podendo ser utilizada quando existe a certeza de um prejuízo futuro, ou a comprovação de perda de um benefício futuro, ou seja, que se antes do resultado não ocorresse conduta de ação ou omissão de terceiro, com ou sem culpa, seria certo e comprovado o resultado ou pelo menos a chance de se auferir vantagem ou de não obter prejuízo. (OLIVEIRA, 2010). Como bem descreve Caio Mário, "a reparação da perda de uma chance repousa em uma probabilidade e uma certeza; que a chance seria realizada e que a vantagem perdida resultaria em prejuízo". (MENDES, 2011).

A teoria em questão passa a ser aplicada de forma vasta nos Tribunais franceses, tendo como precedente um caso de erro médico − os mais comuns na aplicação até hoje, pelo fato de que se determinado tratamento tivesse sido feito de outra forma, os resultados seriam melhores para o paciente, ou então evitariam possíveis sequelas. No Brasil, não temos, até o momento, artigos do Código Civil que mencionem, de modo específico, a teoria da perda de uma chance − ainda é importante salientarmos que, a doutrina e a jurisprudência também não possuem, até então, entendimento pacífico quanto à forma dos critérios de sua aplicação, e dessa forma os julgamentos são baseados em analogia á responsabilidade civil, e nos princípios constitucionais. (NASCIMENTO, 2012)

A teoria da perda de uma chance ficaria então classificada no âmbito da responsabilidade civil entre o lucro cessante e o dano emergente, tendo em vista a probabilidade do benefício ou perda de determinado direito lícito e certo. Nesse aspecto, Sérgio Cavalieri Filho, também caracteriza essa perda de uma chance quando

> *em virtude de conduta de outrem, desaparece a probabilidade de um evento que possibilitaria um benefício futuro para a vítima, como progredir na carreira artística ou militar, arrumar um melhor emprego, deixar de recorrer de um sentença desfavorável pela falha do advogado, participar de um concurso, e outras situações que tiram da vítima a oportunidade de um ganho ou vantagem.*

As hipóteses citadas pelo autor são as consideradas clássicas da teoria da perda de uma chance, onde da conduta do agente resulta a perda da chance e os danos são comprovados até mesmo somente de forma documental. O que torna difícil a aplicação da teoria são os casos de condutas omissivas, onde haveria o dever jurídico de o agente intervir, e então terá que se para provar que houve ligação entre o dano final e a conduta omissiva de terceiro (CAVALIERI FILHO, 2014)

Segundo a Ministra Nancy Andrighi, do Superior Tribunal de Justiça, "a adoção da teoria da perda da chance exige que o Poder Judiciário bem saiba diferenciar o improvável do quase certo, bem como a probabilidade de perda da chance de lucro, para atribuir a tais fatos as consequências adequadas".

O primeiro, e mais comum exemplo utilizado pela doutrina no Brasil, é o caso do programa de televisão *Show do Milhão*, onde o participante perde a chance de acertar a pergunta final pelo fato de a mesma estar sem resposta correta definida e com o enunciado mal elaborado. Neste caso, pode-se verificar que também quanto ao *quantum* indenizatório; no caso da perda de chance não há valor estipulado de indenização, mas sim uma probabilidade de ganho, então a indenização será fixada de acordo com a probabilidade futura e certa, frustrada em virtude de conduta errônea de terceiro. Sobretudo, é dever do Juiz, analisar, em cada caso, a probabilidade concreta de que o agente conseguiria o resultado almejado. E, vale ressaltar que estabelecer o *quantum* indenizatório é a maior dificuldade do julgador, já que na maioria dos casos, não há um valor estipulado á título de dano, e poderá se caracterizar como enriquecimento ilícito.

É comum também a aplicação da teoria em casos de atividades de meio e não de fim; além de casos onde haja erro médico, é de comum aplicação em casos de advogados que, com ou sem culpa, deixam de cumprir determinado prazo, acabando por ferir um direito de seu cliente. (AMARAL, MELO, 2014).

Ainda como forma de exemplificação, podemos analisar o seguinte caso, julgado pelo Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul:

> **Ementa:** APELAÇÕES CÍVEIS. RESPONSABILIDADE CIVIL. REPARAÇÃO DE DANOS MATERIAIS E MORAIS. PROFESSORA ESTADUAL. ERRO NA DIGITAÇÃO DE CÓDIGO DE BARRAS COMETIDO POR PREPOSTO DO BANCO. GUIA DE PAGAMENTO DE TAXA DE INSCRIÇÃO EM PROCESSO SELETIVO DE MESTRADO. EQUÍVOCO QUE IMPEDIU A AUTORA DE CONCORRER À VAGA. FALHA ANÔNIMA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO. RESPONSABILIDADE OBJETIVA PELO RISCO DA ATIVIDADE. EXCLUDENTES INDEMONSTRADAS.

> APLICAÇÃO AO CASO CONCRETO DA TEORIA DA PERDA DE UMA CHANCE. DEVER DE INDENIZAR CONFIGURADO. Incontroverso nos autos o erro de digitação cometido por preposto do banco réu ao efetuar operação de pagamento de boleto bancário relativo à taxa de inscrição da autora em seleção para vaga de mestrado. Como em razão desse equívoco a autora ficou impedida de participar de processo seletivo para o mestrado, há falha na prestação dos serviços a cargo do demandado, que responde pelos danos daí advindos. É irrelevante que o equívoco tenha sido involuntário, pois é induvidosa a falha anônima do serviço. REPETIÇÃO SIMPLES DO VALOR DA GUIA. O valor desembolsado pela autora para pagar taxa de inscrição em processo seletivo, destinado ou carreado pelo banco a outra finalidade, deve ser ressarcido. Descabe devolução em dobro, pois não houve má-fé. INDENIZAÇÃO PELA PERDA DE UMA CHANCE. No caso concreto, a autora acalentava legítima expectativa de ingressar no curso de mestrado. E é intuitivo que se lograsse êxito nesse propósito provavelmente auferiria vantagens e progresso na vida profissional. Portanto, correto o enquadramento da indenização pela "perda de uma chance" como dano imaterial pela expectativa que se frustrou. ARBITRAMENTO DO "QUANTUM" INDENIZATÓRIO. VALOR MANTIDO. Montante da indenização arbitrado em atenção aos critérios de proporcionalidade e razoabilidade, bem assim às peculiaridades do caso concreto. JUROS DE MORA Cuidando-se de hipótese de responsabilidade extracontratual, os juros de mora incidem a contar do evento danoso, conforme Súmula nº 54 do STJ. AMBOS OS APELOS DESPROVIDOS. (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

O caso do Recurso de Apelação supracitado, trata de uma ação de indenização por danos morais e materiais, interposta por uma professora da rede estadual de ensino, em face do Banco do Brasil S.A., tendo em vista que a mesma almejava uma vaga no curso de pós-graduação em nível de mestrado em Engenharia, junto á Universidade Federal de Santa Maria – RS. A autora desembolsou perante o preposto do banco o valor referente à guia da taxa de inscrição do processo seletivo, o qual foi destinado à outra finalidade. Contudo, a autora alega possuir chance futura, certa e comprovada de que participaria do processo seletivo, caminho para uma possível aprovação que traria inúmeros benefícios para sua vida intelectual e profissional, sobretudo com vantagens financeiras. (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Analisando o caso, sabe-se que as vagas para uma especialização em uma universidade federal são relativamente concorridas, tendo em vista a situação das plataformas de educação isentas de pagamento e a crise instaurada em nosso país, somadas à importância de tal formação para a vida de uma professora, além do fato de que custear tal formação causaria prejuízo em seu orçamento, até mesmo inviabilizando-o de ser cursado pela candidata. Ressalta-se ainda tamanha importância e abalo psicológico oriundo de tal fato, mesmo que o ingresso no processo seletivo seja apenas uma possibilidade de que a aprovação aconteça, preenchendo assim os requisitos para a aplicação da teoria da perda de uma chance.

Em primeira instância, a sentença do referido caso relata que a autora faz jus ao benefício da assistência judiciária gratuita. Houve contestação alegando que a mesma poderia verificar o pagamento no momento em que recebeu a autenticação da guia da taxa de inscrição; pedido de impugnação dos documentos juntados ao processo, bem como do valor mencionado á título de indenização. Em réplica a parte autora reforça os pedidos da inicial. Não houve juntada de novas provas, forma que o Juiz da Comarca reconheceu a possibilidade de julgamento do mérito com os documentos já acostados aos autos. (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

No julgamento de mérito, o magistrado ressalta o fato de que a perda da chance ocorreu, e que a indenização deve ser fixada de acordo com “o bom senso e o sentido da equidade e prudência de ambas as partes”. Visando os princípios da prudência e razoabilidade, estabelece à título de indenização pela perda da chance o valor de R$ 6.000,00 (seis mil reais), corrigidos pelo índice do IGP-M da data da autenticação errônea, acrescido de juros legais de 1% ao mês da data da citação. Finalmente, a sentença é parcialmente procedente, não sendo concedida a repetição de indébito; os honorários sucumbenciais e custas processuais rateados entre as partes, sendo que a parte autora fica com exigibilidade suspensa, visto que faz uso da assistência judiciária gratuita. (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Tendo em vista a sentença datada de 09/07/2014, as partes interpuseram o recurso de apelação (ementa acima colada), cabendo à Nona Câmara Cível do Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul, o julgamento do mesmo, que por unanimidade foi desprovido. Neste, a autora pleiteia majoração do *quantum* indenizatório pela gravidade do ato errôneo, acostando aos autos provas de que havia maior número de vagas disponíveis do que inscritos para a seleção, o que garantiria sua vaga. A parte ré alega que o erro não acarretaria tamanho problema se a autora houvesse conferido a operação bancária, e que o erro do funcionário foi involuntário e não caracteriza ato ilícito indenizatório, sobretudo que a simples inscrição não garante a aprovação para o curso de mestrado, e nem mesmo efetivo prejuízo à sua carreira profissional e intelectual. Ainda, pugna o *quantum* indenizatório, para que este seja apenas um valor simbólico, pois não se verifica grave lesão, e que os juros moratórios sejam apurados da data da sentença e não da data de citação. (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Por fim, em segunda instância, é unanime o desprovimento de ambos os Recursos de Apelação, confirmando então, a sentença. A fundamentação é baseada no direito do consumidor, alegando-se que a culpa não é exclusiva do

consumidor, e nem exclusiva de terceiro. Ainda, ficando comprovado o nexo causal e a perda da chance, não sendo possível precisar quanto à aprovação, mas notório que o fato da inscrição para o curso de mestrado ter gerado expectativa para ser classificada. A indenização fixada baseia-se na frustação de perder a oportunidade de ser selecionada, porém, não impede que a parte autora faça parte de nova seleção para dito mestrado, por isso não há outros requisitos para a indenização, mas apenas os danos morais em razão da expectativa de crescimento intelectual e profissional frustrada. No que concerne ao valor indenizatório, foi mantido o fixado na sentença, assim como a repetição de indébito e a fixação dos juros da data do evento danoso fundamentada pela súmula 54 do egrégio Superior Tribunal de Justiça. O julgamento do recurso de apelação é datado de 25/11/2015. O processo retorna concluso e, após arquiva-se definitivamente. (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Acredita-se que, a maior dificuldade para a aplicação da teoria da perda de uma chance é fazer prova da chance perdida, nexo causal e resultado, já que, em muitos casos, a prova depende de laudos, perícias, testemunho e análises de terceiros, ou outros profissionais que geralmente não constatam a chance perdida, ou apresentam documentos que obstam o Poder Judiciário de realizar o julgamento de mérito. Ainda, cabe mencionar que em muitos casos as partes que tem seu direito violado nem ficam cientes do fato e não procuram as informações necessárias para serem indenizados.

Contudo, é importante que as pessoas saibam sobre a teoria, pois muito se fala em perdas e danos, mas pouco em probabilidade de ganho ou perda de benefício, que seria o caso da teoria da perda de uma chance. Há que se incentivar o debate para que as pessoas busquem o que é seu por direito.

## 3. REFERÊNCIAS

AMARAL, Priscilla; MELO, Thiago Chaves. **Perda de uma chance ganha espaço nos tribunais.** Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2014-mar-24/responsabilidade-perda-chance-ganha-espaco-tribunais>. Acesso em 18 de agosto de 2018.

BIONDI, Eduardo Abreu, **Teoria da perda de uma chance na responsabilidade civil**. Disponível em: <https://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/3988/Teoria-da-perda-de-uma-chance-na-responsabilidade-civil>. Acesso em: 18 de agosto de 2018.

CAVALIERI FILHO, Sergio, **Programa de Responsabilidade Civil**. 11ed. São Paulo: Atlas,2014, p. 91, 105.

MENDES, Pedro Puttini. Perda da chance na visão do Superior Tribunal de Justiça. Revista Jus Navigandi, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 16, n. 2888, 29 maio 2011. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/19211>. Acesso em: 18 agosto de 2018.

NASCIMENTO, Silvia Renata Segatto Santos. Teoria da perda de uma chance. **Revista Jus Navigandi**. ISSN1518-4862, Teresina, ano18, n.3515, 14 fev. 2013. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/23709/teoria-da-perda-de-uma-chance>. Acesso em 18 de agosto de 2018.

OLIVEIRA, Katiane da Silva. A teoria da perda de uma chance: Nova vertente na responsabilidade civil. In**: Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XII, n.83, dez. 2010. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=8762&revista_caderno=7>. Acesso em: 19 de agosto de 2018.

RIO GRANDE DO SUL. **Apelação Cível Nº 70061644654, Nona Câmara Cível, Tribunal de Justiça do RS, Relator: Miguel Ângelo da Silva, Julgado em 25/11/2015**. Disponível em: < http://www1.tjrs.jus.br/busca/?tb=proc....> Acesso em: 18 de agosto de 2018.

VENOSA, Silvio de Salvo, **Aspectos da Responsabilidade Civil.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=POJrEdoLtRI>. Acesso em 18 de agosto de 2018.

## 4. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluídos neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PACIÊNCIA! ESTE É O PRINCÍPIO DA INOCÊNCIA.

**Carla Eduarda de Albuquerque Sangalli**
**Fernanda Fellini**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus de Erechim.
carla-es@hotmail.com
nanda_fellini@hotmail.com

**Prof. Me. Gilmar Bianchi**
Mestre em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina
gilmar.bianchi@hotmail.com

***Resumo.*** *O princípio da presunção da inocência é uma garantia constitucional, positivada no inciso LVII, artigo 5º, da Constituição Federal brasileira de 1988. No ano de 2016, o Superior Tribunal Federal, denominado Guardião da Constituição, alterou entendimento fixado desde 2009, no que diz respeito ao momento legal para a prisão do condenado. Tal mutação gerou grande polêmica no mundo jurídico, trazendo uma discussão entre os juristas sobre sua constitucionalidade. Tanto é que, decorridos mais de dois anos da nova interpretação, o assunto permanece em pauta constante. Com o presente artigo, a partir de investigação bibliográfica, abrangendo obras e autores de relevância para a temática, bem como os votos proferidos nas principais decisões acerca do assunto pelo STF, construiu-se uma explicação histórica, social e jurídica para buscar entender as razões e a importância do princípio, caracterizando, assim, o método indutivo com pesquisa qualitativa.*

***Palavras-chave:*** *direito de liberdade, garantia constitucional, presunção da inocência.*

***Abstract.*** *The principle of the presumption of innocence is a constitutional guarantee affirmed in the clause 5, item LVII, of the 1988 Federal Constitution. In 2016, the Federal Superior Court, known as the Guardian of the Constitution, changed the understanding established since 2009, regarding the legal moment for the conviction of the prisoner. Such mutation generated great controversy in the juridical world, bringing a discussion among jurists about its constitutionality. Insomuch that, after more than two years of the new interpretation, the subject remains in constant discussion. With the present article, based on bibliographical research on works and authors of relevance to the theme, as well as the votes cast in the main decisions on the subject by the FSC, a historical, social and legal explanation was constructed with the purpose of understanding the reasons and the importance of the principle, thus characterizing the inductive method with qualitative research.*

***Keywords:*** *constitutional guarantee, presumption of innocence, right of freedom.*

## 1. INTRODUÇÃO

Durante sete anos o princípio da presunção da inocência não sofreu modificação de entendimento por parte do Supremo Tribunal Federal (STF). Desde 2009, era consolidada a possibilidade do acusado permanecer em liberdade enquanto a sentença penal condenatória não transitasse em julgado. Todavia, em 2016, uma concepção esquecida há 7 anos, retornou. O STF, por 7 votos contra 4, decidiu que indivíduos condenados à prisão em decisão proferida em grau de apelação devem/podem começar a cumprir a pena imediatamente, independentemente de estarem recorrendo a órgão superior – Superior Tribunal de Justiça (STJ) ou ao próprio STF. Desde então, as discussões são contínuas e incessantes. Muitos sustentam que é um jogo político, uma tentativa de mostrar à sociedade a efetividade da justiça, em um momento em que o caos assola o país, seja em razão dos escândalos da corrupção, seja em razão da violência, que a cada dia causa mais vítimas.

Jogada política ou prova de ação ao povo, o princípio da não culpabilidade, da forma esculpida na Constituição Federal, foi mitigado.

Recentemente, no julgamento do Habeas Corpus (HC) 152752/PR, a questão foi revisitada e o entendimento mantido por apertados seis votos contra cinco. Na ocasião, três Ministros alteraram seus entendimentos, sendo que os argumentos utilizados nos votos, em sua maioria, penderam mais para o lado político do que para o jurídico.

Com o presente artigo, espera-se fomentar a discussão jurídica em torno da decisão proferida pelo STF e o decorrente tumulto gerado no âmbito jurídico, mostrando elevada relevância, em grau de informação, aos juristas e aos demais interessados, a fim de oportunizar uma discussão embasada em novos fundamentos, pois, certamente, essa questão será objeto de rediscussão pelos Ministros do Supremo Tribunal Federal.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Quando se inicia um debate sobre princípios constitucionais, pertinente mencionar, ainda que sucintamente, o conceito de constituição e sua relação de supremacia no ordenamento jurídico de um Estado.

Nas palavras de Ferreira Filho (2014), a Constituição rígida é a lei suprema, base da ordem jurídica e a fonte de sua validade. Por isso, todas as leis a ela se subordinam e nenhuma pode contra ela dispor. Deste modo, deve-se entender a Constituição como a lei fundamental do Estado, garantidora de todos os direitos e deveres do homem (Sangalli e Fellini, 2017).

Em decorrência de sua origem, a Constituição tem caráter supremo, vez que provém de um poder constituinte, que se preceitua na manifestação da vontade política de um povo, social e juridicamente organizado (Moraes, 2011).

A Constituição Federal brasileira de 1988 trouxe ao constitucionalismo brasileiro inovações de grande relevância. Em seu texto moderno, trouxe direitos fundamentais, reconhecidos como disponíveis e, de regra, inalienáveis, que refletem um conjunto de medidas destinadas a proteger a dignidade da pessoa humana (Saleme, 2011).

A fim de atingir uma melhor compreensão acerca do princípio da presunção da inocência, é de grande relevância buscar conhecer o conceito de princípio.

É preciso ter em mente, antes de tudo, que as normas jurídicas se dividem, basicamente, em duas categorias: as regras e os princípios. Regras preveem condutas que devem ser observadas, são comandos definitivos. Princípios, ao contrário, não estabelecem condutas, mas ideais a serem buscados, como a justiça, a dignidade da pessoa humana, a eficiência (STF, 2018).

De acordo com Humberto Ávila (2008, p. 78),

> "os princípios são normas imediatamente finalísticas, primariamente prospectivas e com pretensão de complementaridade e de parcialidade, para cuja aplicação se demanda uma avaliação da correlação entre o estado de coisas a ser promovido e os efeitos decorrentes da conduta havida como necessária à sua promoção".

Portanto, princípios suscitam os problemas de validade e peso e têm pretensão de complementaridade, porque servem de razões a serem conjugadas com outras, através da ponderação aplicada pelo intérprete, para a solução de um problema.

Os princípios jurídicos, especialmente de natureza constitucional, viveram um vertiginoso processo de ascensão, que os elevou de uma fonte subsidiária do Direito, nas hipóteses de lacuna, ao centro do sistema jurídico (Barroso, 2010).

### 2.1 Breve histórico do princípio da presunção da inocência

No momento que se pretende abordar um instituto jurídico, faz sentido verificar seu histórico e também sua existência nos demais ordenamentos jurídicos.

De acordo com alguns doutrinadores, tais como Aury Lopes Jr. (2004) e Alexandre de Moraes (2007), existem vestígios da existência do princípio da presunção da inocência desde o Direito Romano. Porém, dito princípio se positivou pela primeira vez com a eclosão da Revolução Francesa, e a consequente ascensão do Iluminismo, que deu origem a Declaração dos Direitos do Homem e do Cidadão de 1789 (Sangalli e Fellini, 2017).

O artigo 9º da Carta supracitada preceitua: "Todo o acusado se presume inocente até ser declarado culpado e, se se julgar indispensável prendê-lo, todo o rigor não necessário à guarda da sua pessoa deverá ser severamente reprimido pela Lei" (Brasil, 1992).[1]

A Declaração Americana de Direitos e Deveres (1948) e a Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948) reafirmaram esta garantia, em seus artigos 26 e 11, respectivamente. Da mesma forma, o princípio da não culpabilidade é assegurado no artigo 14, item 2 do Pacto Internacional sobre Direitos Civis e Políticos, de 1966, aprovado pelo Congresso Nacional através do Decreto Legislativo nº 226/1991 e promulgado pelo de nº 592/1992.

Por sua vez, o Pacto de San José da Costa Rica, de 1969, também previu a garantia da presunção da inocência, em seu artigo 8º, 2, 1ª parte: "toda pessoa acusada de delito tem direito que se presuma sua inocência enquanto não se prove legalmente sua culpa" (Brasil, 1992). O referido pacto foi aprovado em 1992 pelo Congresso Nacional brasileiro, e em razão do disposto no artigo 5º, §2º, da Constituição, adentrou ao nosso sistema jurídico com *status* de norma constitucional (Barbagalo, 2015).

[1] No original: *"Tout homme étant presume innocent, s'il est jugé indispensable de l'arreter, toute rigueur que ne serat pas necessaire pour s'assurer de sa personne doit être séveérement reprimée par la loi".*

Urge destacar que foi apenas na Constituição Federal brasileira de 1988, que tal princípio foi acolhido expressamente ao ordenamento jurídico, compondo o rol de direitos e garantias fundamentais.

### 2.2 O princípio da presunção da inocência

O princípio constitucional da presunção da inocência se apresenta como um dos mais importantes e curiosos institutos do ordenamento jurídico brasileiro. Consagrou-se no artigo 5º, LVII, da Constituição Federal, estabelecendo que "ninguém será culpado até o trânsito em julgado[2] de sentença penal condenatória" (Brasil, 1988).

Referido princípio, ao surgir na Constituição Federal de 1988, passou a integrar o rol de direitos e garantias fundamentais. Como é possível depreender a partir de uma breve análise do artigo 60, §4°, IV, da Constituição Federal, a matéria disposta em tal rol não pode ser alterada, por ser cláusula pétrea. Importante destacar que nem mesmo os deputados e senadores, ainda que no exercício do poder constituinte derivado do qual são investidos, podem extinguir ou minimizar a presunção de inocência da Constituição Federal (Lewandowski, 2018).

Conforme os ensinamentos de Alexandre de Moraes (2007), o princípio da presunção da inocência é um dos princípios basilares do Estado de Direito. Em conjunto com as demais garantias constitucionais, visa à tutela da liberdade pessoal, garantindo ao acusado pela prática de uma infração penal um julgamento justo, salientando a necessidade de o Estado comprovar a culpabilidade do indivíduo, sob ameaça de se retroceder ao estado de total arbítrio estatal, fugindo do espírito de um Estado Democrático de Direito (Sangalli e Fellini, 2017).

Tal princípio comporta exceção prevista na Constituição Federal, art. 5º, LXI, pela qual o acusado é resguardado de seu direito de liberdade em razão de um interesse processual, o que não lhe antecipa a culpa.

Importante salientar que o princípio da não culpabilidade não se basta por si só, nem é uma regra absoluta, deve ele ser corroborado e ponderado com outros valores e princípios constitucionais, tais como o princípio do juiz natural, do duplo grau de jurisdição, do devido processo legal e da ampla defesa e contraditório.

Na interpretação literal do disposto na Constituição Federal, a presunção da inocência apenas será afastada por decisão penal condenatória emanada por um juiz competente, e da qual não se admita mais recurso, uma vez que a pendência de julgamento recursal preserva a condição de não culpado do réu. O *jus puniendi*[3] só é legítimo quando amparado por um devido processo que assista às garantias fundamentais elencadas na Constituição (Sangalli e Fellini, 2017).

Nabuco Filho (2010) defende que o indivíduo seja considerado culpado somente após um processo onde tenha ocorrido um debate dialético, em que a acusação demonstra a culpa do acusado e a defesa aponta a fragilidade dos argumentos utilizados pela acusação.

Beccaria (2001), em sua estupenda obra *Dei delliti e delle pene* (1764), ensina que "um homem não pode ser chamado de réu antes da sentença do juiz, e a sociedade só lhe pode retirar a proteção pública após ter decidido que ele violou os pactos por meio dos quais ela lhe foi outorgada".

Superada a questão atinente ao conceito e a origem do princípio em questão, cabível uma análise das interpretações que surgiram após a promulgação da Constituição Federal até os dias atuais.

### 2.3 Interpretação do princípio ao longo dos anos

Desde sua ratificação na Constituição Federal de 1988, o princípio da presunção da inocência gerou uma série de discussões nos tribunais brasileiros, podendo-se dividir os embates em três momentos: (i) de 1988 até 2009; (ii) de 2009 até 2016; e, (iii) de 2016 até o momento atual, onde se edificou um cenário de incerteza e insegurança jurídica.

A primeira análise da compatibilidade da execução provisória da decisão proferida no segundo grau de jurisdição com o princípio da presunção da inocência se deu em 29 de março de 1989, quando, por unanimidade, decidiu-se pela constitucionalidade da prisão. Na sequência, no ano de 1991, houve a primeira decisão do Plenário do STF sobre a matéria, sendo que, novamente, por unanimidade, o tribunal entendeu "não conflitar com o art. 5º, inciso LVII, da Constituição" a expedição de mandado de prisão para o início da execução provisória da pena (STF, 2018).

Aludido entendimento perdurou no STF por aproximadamente duas décadas, até que, no julgamento do HC 84.078-7 MG, em 05 de fevereiro de 2009, a Corte estabeleceu a exigência do trânsito em julgado da condenação para a execução da pena, ressalvadas as prisões a título cautelar. Cita-se excerto da ementa:

> Nas democracias mesmo os criminosos são sujeitos de direitos. Não perdem essa qualidade, para se transformarem em objetos processuais. São pessoas, inseridas entre aquelas beneficiadas pela afirmação constitucional da sua dignidade (art. 1º, III, da Constituição do Brasil). É inadmissível a sua exclusão social, sem que sejam consideradas, em quaisquer circunstâncias, as singularidades de cada infração penal,

[2] Trânsito em julgado: momento em que uma sentença se torna irrecorrível, visto haver decorrido o prazo estabelecido para a interposição do recurso ou porque todos os recursos previstos em lei já foram julgados.
[3] Direito de punir concernente ao Estado.

> o que somente se pode apurar plenamente quando transitada em julgado a condenação de cada qual (HC 84.078-7, Relator Ministro Eros Grau, 05/02/2009).

Na verdade, o entendimento proferido apenas consolidou o que já vinha ocorrendo desde a revogação do artigo 594, do CPP[4], pela Lei nº 11.719/08, ou seja, manteve a interpretação literal do princípio.

No entanto, e partimos para a real discussão proposta, após anos de orientação em contrário, em 17 de fevereiro de 2016, o Superior Tribunal Federal, em decisão, diga-se, inédita, modificou totalmente seu entendimento, passando a inferir que o sujeito em julgamento pode sim ser preso antes do trânsito em julgado da sentença, mesmo havendo recursos pendentes em tribunais superiores. Dos onze Ministros que debateram e votaram no HC 126.292/SP, a respeito do assunto, sete deles foram favoráveis à mudança do entendimento errante, enquanto quatro se posicionaram de forma diversa.

Nos mais de dois anos que se passou desde o novo entendimento, muitas foram as discussões que adentraram no mundo jurídico, diante do caos institucionalizado no qual o país está imerso. Em 04 de abril de 2018, o STF revisitou o tema, no julgamento do emblemático HC 152.752/PR, do paciente e ex-presidente, Luís Inácio Lula da Silva. Na ocasião, três Ministros reviram seu posicionamento: Rosa Weber, que anteriormente entendia pela necessidade do trânsito em julgado da decisão para dar início à execução da pena, em prol do princípio da colegialidade e da equidade, votou por manter o entendimento mais recente, a fim de conservar a jurisprudência firmada pelo plenário do STF; por sua vez, Dias Toffoli e Gilmar Mendes votaram por conceder o habeas corpus, sustentando que a execução da pena poderia, então, ser iniciada após o julgamento de Recurso Especial ou, ainda, do Agravo em Recurso Especial.

Os fundamentos utilizados outrora continuam a embasar os votos, de maneira que, para aqueles Ministros que defendem que a execução provisória pode se iniciar após o exaurimento das vias ordinárias, os prejuízos de se aguardar o trânsito em julgado da decisão condenatória advêm do elevado risco de prescrição das penas e da demora na prestação jurisdicional, o que acarreta um sentimento de impunidade à vítima e à sociedade como um todo, tendo em vista que no sistema processual penal brasileiro são infindáveis as possibilidades de recursos a serem interpostos pela defesa.

Cabe destacar os principais impactos negativos da não execução da pena até o trânsito em julgado, apontados pelo ilustre Ministro Luís Roberto Barroso (STF, 2018), no fatídico HC 152.752/PR, já mencionado:

> a) Poderoso incentivo à infindável interposição de recursos protelatórios; b) Reforço à seletividade do sistema penal, tornando muito mais fácil prender menino com 100 gramas de maconha do que agente público ou privado que desvie 100 milhões; c) Descrédito do sistema de justiça penal junto à sociedade, pela demora na punição e pelas frequentes prescrições, gerando enorme sensação de impunidade. Por essas razões, o Tribunal modificou a sua orientação, por relevantes fundamentos jurídicos, pragmáticos e empíricos, isto é, comprováveis factualmente (STF, 2018).

Vale, ainda, consignar que, em que pese parte da doutrina e da jurisprudência defenda que a interpretação literal do inciso que trata da presunção da inocência não admite outras modalidades de compreensão, muitos outros entendem que há divergência juridicamente relevante sobre o que significa a expressão "ninguém será considerado culpado". Por essa razão é que se faz necessária a interpretação conjunta de todas as normas da Constituição, e da ponderação entre todos os valores e princípios constitucionais.

No sentido acima, o Ministro Luiz Fux, que proferiu voto denegatório no HC 152.752/PR, sustentou que nos casos em que o constituinte pretendeu conferir imunidade à prisão, ele o fez expressamente, como no caso dos arts. 53, §2º e 86, §3º. Assim, considerou que se a Constituição impedisse a prisão antes do trânsito em julgado da condenação, a norma o faria expressamente. Como não o fez, a presunção da inocência até o trânsito em julgado não se confundiria com a impossibilidade de execução provisória da pena.

Por sua vez, os Ministros que votaram no sentido de impedir a execução da pena antes do trânsito em julgado, sustentaram que a decisão de 2016 abriu precedentes perigosos, visto que o número de condenações que são alteradas em instância superior é elevado, e uma vez que a pessoa é presa injustamente, é impossível voltar ao *status quo*, isto é, reparar os danos causados ou devolver o tempo de vida que ela permaneceu privada de sua liberdade.

Pontua-se que na concepção do Ministro Gilmar Mendes, a alteração do precedente em 2016, ao invés de ser tida como uma possibilidade passou a ser adotada, erroneamente, como uma obrigação por parte dos juízes singulares, que passaram a decretar imediatamente a prisão após a condenação mantida em recurso ordinário, causando encarceramentos precoces e indevidos, tendo em vista reforma posterior pelo STJ (STF, 2018).

Outrossim, vale destacar os fundamentos do Ministro Celso de Mello, que também votou por conceder o remédio constitucional, no que diz respeito à sensação de impunidade vivida pela população brasileira nos dias atuais. Para referido Ministro, dita sensação gerada pela prodigalização de meios recursais não pode ser atribuída ao direito constitucional da presunção da inocência, mas sim à legislação recursal. A inefetividade do sistema punitivo, então, deve ser enfrentada

[4] Art. 594, CPP: O réu não poderá apelar sem recolher-se à prisão, ou prestar fiança, salvo se for primário e de bons antecedentes, assim reconhecido na sentença condenatória, ou condenado por crime que se livre solto. (Revogado pela Lei nº 11.719, de 2008).

pelo Poder Legislativo, reformulando o modelo processual, em busca de maior eficiência e racionalidade, e não pelo STF ao relativizar princípio basilar assecuratório de um Estado Democrático de Direito.

Seguindo a orientação de não executar prematuramente a prisão, inúmeras condenações anuladas evitaram cumprimentos indevidos de pena. Vale salientar que em torno de 30% dos recursos extraordinários interpostos são providos para reformar condenações anteriores. Nos julgamentos dos recursos especiais pelo STJ, encontra-se porcentual semelhante. O Ministro Ricardo Lewandowski, há anos, na Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental 144, afirmou que 28,5% dos recursos examinados pelo STF eram providos (Oliveira, 2016). É a partir de análise de números tão relevantes que os Ministros contrários à execução provisória justificam sua decisão. Além de passar um tempo indevido privado de um bem jurídico fundamental (a liberdade) – em condições totalmente precárias, vistas as condições desumanas da estrutura do sistema carcerário brasileiro –, mesmo que constatada a inocência do indivíduo, é quase impossível a sua reinserção na sociedade, uma vez que sempre será visto como um ex-presidiário.

Destaca-se que, no julgamento do HC 152.752/PR, mais recente episódio desta novela que se tornou a interpretação do art. 5º, LVII da Constituição Federal, muito foi dito no sentido de que o termo inicial para a execução da pena pode ser estabelecido com o julgamento do Recurso Especial ou do Agravo no Recurso Especial pelo Superior Tribunal de Justiça, vez que este possui competência para corrigir questões relevantes, que podem, inclusive, absolver os acusados, tais como a tipicidade, antijuridicidade ou culpabilidade, além da dosimetria da pena.

### 2.4 A relativização do princípio da presunção da inocência

Conforme asseverado em momento anterior, o princípio da presunção da inocência faz parte do rol de direitos e garantias fundamentais da Constituição Federal, constituindo cláusula pétrea, ou seja, que não pode ser modificada nem mesmo através de emenda constitucional.

Por esta razão, as decisões dos tribunais superiores não têm o condão de abolir o princípio da presunção da inocência, apenas de atribuir nova interpretação ao inciso LVII, artigo 5º, que, no entanto, permanece com a redação intacta (Sangalli e Fellini, 2017).

A interpretação dada pelo STF em 2016 e mantida recentemente, afirma a relativização do princípio, que antes, ao menos desde 2009, era tido como absoluto. Quando se refere à mitigação do princípio da não-culpabilidade, adentra-se ao campo dos reflexos que o entendimento causa na sociedade.

Imprescindível ressaltar que a alteração do precedente, em 2016, acima de tudo, se deu em um momento de grande clamor social pelo combate à corrupção. Na época, começaram a surgir inúmeras condenações e, mesmo com a existência de provas concretas do cometimento de crimes, principalmente no meio político, amplamente divulgadas pela mídia, os acusados permaneciam no exercício de seus cargos, respondendo em liberdade e usufruindo dos frutos dos seus delitos. Tornava-se a cada dia mais difícil explicar para a população, em geral leiga, que os acusados ainda eram presumidamente inocentes. Assim, ao que tudo indica, com a finalidade de atender aos anseios da sociedade, o STF buscou dar uma resposta efetiva, alterando o precedente e autorizando a execução provisória da pena antes do trânsito em julgado da condenação.

Inegavelmente, a política movimenta muitas pessoas, que defendem uma ou outra ideia, um ou outro partido. À medida que aumenta o número de políticos condenados no Brasil, retoma-se o debate sobre a constitucionalidade ou não da alteração de interpretação ocorrida em 2016.

Conforme explicitado pelo Ministro Luiz Fux, o Supremo Tribunal Federal não pode renunciar à sua condição de instância contramajoritária de proteção dos direitos fundamentais e do regime democrático, de tal forma que, diante da necessidade de que a sociedade civil se identifique na sua Constituição, não cabe ao tribunal superior desconsiderar a existência de um descompasso entre a sua jurisprudência e a hoje fortíssima opinião popular a respeito do tema.

Assim sendo, em razão de a presunção da inocência ser um princípio, e não uma regra absoluta, o qual demanda ser ponderado com outros princípios e valores constitucionais, levando em consideração até mesmo o clamor social, denota-se que as discussões acerca da forma como ele será interpretado e aplicado no caso concreto continuarão a se estender e a ocupar a pauta do STF.

Visualiza-se o acima pontuado mediante a pendência de julgamento pelo STF de duas Ações Diretas de Constitucionalidade (ADC 43 e 44), bem como de novo recurso sobre o caso Lula que será julgado ainda no mês de setembro de 2018, uma vez que o Ministro Edson Fachin liberou o julgamento dos embargos de declaração opostos em face do HC 152.752/PR.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O princípio da presunção da inocência é um dos mais importantes institutos do ordenamento jurídico brasileiro, apresentando-se como um dos princípios basilares do Estado Democrático de Direito, vez que garante aos indivíduos que permaneçam em liberdade até serem considerados, através do devido processo legal, culpados da prática de um crime, ou seja, até o "trânsito em julgado de ação penal condenatória".

Ainda que o aludido princípio se mostre como uma medida contra o arbítrio do Estado e a aplicação injusta da própria justiça, e que seja imprescindível à manutenção do Estado Democrático de Direito, a intepretação do princípio da não

culpabilidade vem sendo amplamente discutida pelo órgão intitulado de Guardião da Constituição, o Supremo Tribunal Federal (STF), que desde 2016, após reviravolta histórica, relativizou dito princípio, dando margens a um perigoso precedente.

Decorridos dois anos do novo entendimento, ainda não há uma posição concreta, tampouco uma decisão que transmita segurança jurídica aos brasileiros. Como demonstrado no decorrer do presente estudo, nem mesmo os Ministros do STF estão plenamente convencidos sobre o momento ideal para dar início à execução da pena. No último julgamento envolvendo a matéria, alguns Ministros revisaram seus votos passados, demonstrando sua insatisfação e até mesmo certa indecisão entre o fundamento jurídico e a convencionalidade, como é o caso da Ministra Rosa Weber.

Assim, enfatiza-se o momento de grande insegurança jurídica que paira sobre o ordenamento vigente, porquanto não se sabe até quando a atual interpretação do princípio da não-culpabilidade permanecerá da forma que se encontra.

Paciência! Resta apenas aguardar quais as próximas interpretações que serão dadas ao princípio da presunção da inocência, na esperança de que, longe de ser uma decisão arbitrária e irresponsável, seja sempre levada em consideração a busca pela maior eficácia dos valores e princípios constantes na Constituição Federal.

## 4. REFERÊNCIAS

Ávila, H. **Teoria dos Princípios: da definição à aplicação dos princípios jurídicos.** 8 ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2008.

Bargabalo, F. B. **Presunção da Inocência e Recursos Excepcionais: em busca da racionalidade no sistema processual penal brasileiro.** Brasília: TJDFT, 2015.

Barroso, L. R. **Curso de Direito Constitucional Contemporâneo: os conceitos fundamentais e a construção do novo modelo**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

Beccaria, C. **Dos Delitos e das Penas.** São Paulo: Martin Claret, 2001.

Brasil. **Código Processual Penal.** Decreto-Lei n. 3.689 de 03 de outubro de 1941. Congresso Nacional: Rio de Janeiro, 1941.

Brasil. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Congresso Nacional: Brasília, 1988.

Brasil. **Convenção Americana sobre Direitos Humanos.** Decreto n. 678 de 06 de novembro de 1992. Brasília: Congresso Nacional, 1992.

Brasil. **Supremo Tribunal Federal.** Habeas Corpus nº 84.078-7, do Tribunal de Justiça do Estado de Minais Gerais, Brasília, 5 fev. 2009. Disponível em: <http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/noticiaNoticiaStf/anexo/ementa84078.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.

Brasil. **Supremo Tribunal Federal.** Habeas Corpus nº 126.292, do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo, Brasília, 17 fev. 2016. Disponível em: <http://www.migalhas.com.br/arquivos/2016/2/art20160217-10.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.

Brasil. **Supremo Tribunal Federal.** Habeas Corpus nº 152.752/PR, do Tribunal Federal da 4ª Região. Brasília, 5 abr. 2018. Disponível em: <http://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=5346092>. Acesso em: 20 ago 2018.

Ferrari, R. **O princípio da presunção de inocência como garantia processual penal.** In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XV, n. 101, jun. 2012. Disponível em: <https://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11829>. Acesso em: 09 abr. 2016.

Ferreira Filho, M. G. **Curso de Direito Constitucional.** 39 ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

Lopes Júnior., A. **Introdução Crítica ao Processo Penal** *(Fundamentos da Instrumentalidade Garantista).* Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2004.

Moraes, A. de. **Direito Constitucional.** 30 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2014.

Moreira, R. A. **O artigo 594 do CPP**. In: Revista Jus Navegandi, Teresina, ano 6, n. 52, 1 nov. 2001. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/2469>. Acesso em: 10 abr. 2016.

Nabuco Filho, J. **Importância da presunção da inocência.** In: Revista Jurídica Visão Jurídica, São Paulo, v. 01, n. 64, out. 2010.

Passos, N**. Decisão do STF aumenta seletividade da justiça.** Disponível em: <http://cartamaior.com.br/?/Editoria/Politica/Decisao-do-STF-aumenta-seletividade-da-justica-brasileira/4/35530> Acesso em: 18 abr. 2016.

Saleme, Edson Ricardo. **Direito Constitucional.** Barueri: Manole, 2011.

Sangalli, C. E. de A.; Fellini, F. O princípio da presunção da inocência não é mais o mesmo. In: Sartori, G. L. Z; Albuquerque, S. G. de.; Detoni, V. L. C. **Uma abordagem multidisciplinar.** Erechim: Editora Deviant, 2017. cap. II.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A INSTRUMENTALIDADE DO PROCESSO NA BUSCA PELA EFETIVAÇÃO DO SEU ESCOPO SOCIAL

**Laura Dill**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, bairro Fátima, Erechim-RS, CEP: 99.709-910
laurinhadill@hotmail.com

***Resumo.*** *O presente trabalho tem por objetivo identificar os escopos do direito processual, bem como destacar sua importância para a efetividade do sistema judiciário, de modo a apontar algumas situações que necessitam da aplicação da teoria da instrumentalidade do processo para viabilizar a eficácia da prestação jurisdicional. A metodologia utilizada neste trabalho foi o método analítico e descritivo com pesquisa bibliográfica, para corroborar as principais ideias expostas. Com base no exposto, conclui-se que o princípio da instrumentalidade das formas, vigente no Código de Processo Civil, muito embora seja uma recente mudança no pensamento formalista adotado pelo Poder Judiciário, e possua uma corrente negativa de interpretação, é capaz de proporcionar uma flexibilização processual com vistas a atingir o escopo magno da pacificação social.*

***Palavras-chave:*** *instrumentalidade, escopo social, direito processual.*

## 1. INTRODUÇÃO

O direito processual nasceu no âmago das relações sociais, em um dado momento cuja solução dos conflitos bilaterais através da autotutela estava restando ineficaz. Este aspecto é percebido na sociedade quando nela amadurece conceitos de direitos individuais, direitos indisponíveis e sobreposição de vontades. Desse modo, surge na esfera estatal a iminente necessidade de um fazer jurídico intervencionista, puramente para administrar as relações jurídico-sociais a fim de preservar os direitos e interesses de cada parte, garantindo justiça e igualdade e, em contrapartida, afirmar sua soberania perante a sociedade.

A matéria do direito processual – o processo – é, então, por natureza, o veículo formal que as partes dispõem de não somente buscar, como também exigir do Estado a prestação jurisdicional, visando a solução do litígio apresentado, e, da mesma forma, um instrumento de controle social à disposição do Estado, figurando no magistrado competente.

Nessa esteira, muito embora o processo seja, *lato sensu*, o conjunto de atos coordenados visando a solução dos conflitos, bem como exista a noção da formalidade processual ao regulamentar o processo, deve-se atentar para o fato de que esta atuação estatal possui, fundamentalmente, um escopo jurídico, pois busca a efetivação dos resultados que o direito material preconiza, e um escopo social, pois, acima de tudo, visa-se a pacificação dos conflitos.

Outrossim, é possível discutir o direito processual como um ramo autônomo em relação aos demais, pois, num Estado constitucional que veda a autotutela, muito embora o direito processual necessite da existência de um direito material para tutelar, também o direito material necessita ser tutelado pelo direito processual, existindo, portanto, uma noção de independência recíproca entre ambos os institutos.

De outro norte, em se tratando de escopos da jurisdição, torna-se oportuna a realização do presente trabalho, pois é através da interpretação das finalidades do processo que se poderá ser compreendido o princípio da instrumentalidade das formas, princípio este que cresce cada vez mais dentro do ordenamento jurídico brasileiro, frente à litigiosidade e morosidade estatal.

Ademais, para fins de ampliação de conhecimentos, o presente trabalho torna-se oportuno, pois explora o princípio da instrumentalidade das formas pelo viés de célebres doutrinadores, como o processualista Cândido Rangel Dinamarco, cujas obras nutrem ricas explicações sobre o tema.

A problemática abordada pelo presente trabalho consiste na abordagem doutrinária do princípio da instrumentalidade das formas aplicado ao direito processual, objetivando uma análise específica de sua incidência nos problemas jurídicos (litigiosidade e morosidade) para defesa dos escopos do processo, bem como as soluções advindas desse princípio, como os meios alternativos de pacificação social.

Para tanto, o presente trabalho inicia com a explicação sobre a instrumentalidade do processo e os escopos processuais, bem como traz à tona o aspecto negativo do princípio em questão. Oportunamente, discorre sobre a celeridade do processo e finaliza com uma abordagem sobre os meios alternativos de pacificação social. A metodologia utilizada para a concretização do trabalho foi o método indutivo, analítico e descritivo, com pesquisa bibliográfica, para corroborar as principais ideias expostas.

## 2. A INSTRUMENTALIDADE DO PROCESSO

Inaugurando o tema, o doutrinador Roberto Sampaio Contreiras de Almeida (2001) inicia com um questionamento:

> (...) nasce a terceira fase em que atualmente se situa o sistema processual, chamada instrumentalista, e que prioriza o enfoque da análise do processo para o seu aspecto externo, revelando uma nova perspectiva que se volta para os seus objetivos e resultados a perseguir, não somente no plano individual, mas, sobretudo, no coletivo e social. De que adianta, pois, dispor de instrumentos processuais do mais elevado apuro técnico se não consegue atingir resultados práticos capazes de contribuir para a almejada pacificação social, considerada escopo magno do Estado?

O princípio da instrumentalidade do direito processual nasceu a partir da concepção acerca da necessidade de efetivação dos escopos, principalmente com o advento do efeito neoconstitucionalista espanhol e italiano do final do século XX. O princípio significa, basicamente, a noção de que o ato processual, mesmo que não siga o formalismo, se conseguir atingir seu objetivo, deve ser tido como válido. É uma busca pela flexibilização do sistema processual em defesa de seus escopos, pois, ao tomar para si a função de regularização dos conflitos sociais, o Estado positiva seu poder, mas, em contrapartida, alimenta a crença de esperança nos litigantes de que seus problemas serão justa e eficazmente resolvidos (Dinamarco, 1993). Por isso, permaneceu no Código de Processo Civil vigente o antigo artigo 154, hoje número 188, que preconiza que "os atos e os termos processuais independem de forma determinada, salvo quando a lei expressamente a exigir, considerando-se válidos os que, realizados de outro modo, lhe preencham a finalidade essencial" (Brasil, 2016).

Neste norte, de acordo com Cintra, Grinover e Dinamarco,

> Falar da instrumentalidade nesse sentido positivo, pois, é alertar para a necessária efetividade do processo, ou seja, para a necessidade de ter-se um sistema processual capaz de servir de eficiente caminho à ordem jurídica justa. Para tanto, não só é preciso ter a consciência dos objetivos a atingir, como também conhecer e saber superar os óbices econômicos e jurídicos que se antepõem ao livre acesso à justiça.

Nessa esteira, como mencionado por Bueno (2012), "a própria utilidade do processo só tem condições de ser medida e avaliada na proporção em que se saiba quais são os fins que ele deve atingir e em que grau estes fins são ou conseguem ser alcançados". Isso significa dizer que a *instrumentalidade* processual propriamente dita depende da pontuação e interpretação dos escopos magnos jurisdicionais, quais sejam, o jurídico, político e social.

Outrossim, parafraseando Dinamarco (1993), todo instrumento é meio, e todo meio só se legitima em função dos fins a que se destina.

### 2.1 OS ESCOPOS DO PROCESSO

Em relação ao escopo jurídico, como analisado por Abboud e Nunelli, "se relacionaria ao papel do juiz em, por intermédio do processo, fazer atuar a vontade concreta do direito. Trata-se da exigência que o processo garanta uma justa composição da lide". Em outras palavras, cuida-se do escopo jurídico do processo para atingir a justa satisfação do conflito em observância ao direito material, atuando-se em nome da lei.

De outra banda, Dinamarco sintetiza:

> O que se põe em destaque é que, voltado o sistema processual à preservação dos preceitos concretos do direito objetivo e estando este positivado em forma abstrata na lei escrita, o legislador do processo e o seu usuário (doutrinador inclusive) têm maior facilidade em distinguir os caminhos que poderão com mais autenticidade conduzir a resultados juridicamente corretos.

Quanto ao escopo político, lecionam Cintra, Grinover e Dinamarco (2003), que constitui a "preservação do valor liberdade, a oferta de meios de participação nos destinos da nação e do Estado e a preservação do ordenamento jurídico

e da própria autoridade deste". Poder e liberdade são, portanto, dois polos de um equilíbrio que mediante o exercício da jurisdição o Estado procura manter, sendo a participação social um valor democrático inalienável para a sua legitimidade (Dinamarco, 1993).

Já em relação ao escopo social, seguindo a linha dos doutrinadores supracitados (2003), num panorama máximo, refere-se ao resultado do exercício da jurisdição perante a sociedade, promovendo a pacificação e, em última análise, a felicidade pessoal de cada cidadão, pois o objetivo do Estado contemporâneo é o bem-comum, projetado através da pacificação com justiça.

Desse modo, consoante Grinover (2001), "sem renegar as conquistas teóricas do período de apogeu técnico-científico do direito processual, devem elas ser canalizadas para um pensamento crítico e inconformista, de modo que, sem prejuízo da introspecção do sistema, este seja também encarado de ângulos externos (seus escopos)".

Outrossim, como concluído por Humberto Theodoro Júnior (2011),

> A moderna concepção de instrumentalidade do processo não se resume a vê-lo como instrumento de pura e simples aplicação da lei material ao caso concreto. O que importa é coligar a instrumentalidade com a solução do problema da efetividade da tutela jurisdicional. Daí que, para avaliar a norma processual segundo o critério da instrumentalidade perante um direito subjetivo, é necessário ter em conta sua eficiência no que diz respeito à defesa daquele direito.

Nesse sentido, os escopos processuais se identificam como pontos legitimadores da instrumentalidade processual, que surge para tentar efetivá-los da melhor maneira possível, resguardando os interesses jurídicos, políticos e sociais atrelados à prestação jurisdicional.

## 2.2 O ASPECTO NEGATIVO DA INSTRUMENTALIDADE PROCESSUAL

De toda sorte, o processualista Cândido Rangel Dinamarco, em sua obra *A Instrumentalidade do Processo*, leciona sobre o aspecto negativo do princípio da instrumentalidade processual, eis que existe a falsa noção de que o processo poderia ser utilizado como instrumento sem forma específica, adequado aos casos concretos e, portanto, viabilizando o desvio das partes da real situação de direito material por que litigam.

Ademais, consoante o aludido autor, a instrumentalidade poderia ser utilizada para interpretar o formalismo processual como "um sistema orgânico de armadilhas ardilosamente preparadas pela parte mais astuciosa e estrategicamente dissimuladas no caminho do mais incauto" (1993).

Deve-se salientar, em contrapartida, que a instrumentalidade não visa exagerar o conceito de formalismo processual, mas sim, muito pelo contrário, pretende desmistifica-lo, sem agredir, entre outros princípios, o do devido processo legal e, por conseguinte, da segurança jurídica.

Conclui o doutrinador que, o usufruto do princípio da instrumentalidade processual pelo processualista "mediante correto dimensionamento e colocação sistemática de sua ciência não implica desdouro ao sistema processual, ou retrocesso nas suas conquistas de independência conceitual e metodológica" (1993), pois o que se quer não é *desprocessualizar* a ordem jurídica, mas dinamizar seu próprio sistema, regras, critérios e princípios, a fim de atingir a observância de seus escopos políticos, jurídicos, e, acima de tudo, sociais.

# 3. A QUESTÃO DA CERELIDADE PROCESSUAL

Tendo em vista o fenômeno da litigiosidade judiciária, cujas consequências, como explicado por Sales e Andrade (2011), se apresentam sob a forma de inúmeros processos parados, sem resolução próxima, fomentando o descrédito na resolução satisfatória das questões, desgaste nas relações continuadas, óbices ao diálogo pacífico e à construção do consenso, importante frisar que a morosidade processual é, definitivamente, um forte inimigo do escopo social almejado pela função jurisdicional.

Conforme lecionam Sales e Andrade (2011),

> O descrédito é potencializado quando da ineficiência dos mecanismos tradicionais de defesa de direitos e nas deficiências estruturais na sustentação de meios capazes de desenvolver a cidadania: a Justiça se torna demasiadamente tardia para que sobre ela ainda paire a efetividade da prestação jurisdicional. Colaboram para a morosidade e para uma prestação jurisdicional distante da realidade social a litigiosidade e pouca percepção sobre a complexidade dos conflitos.

O fenômeno da litigiosidade, mencionado no tópico anterior, contribui para a situação calamitosa do sistema judiciário brasileiro, cujas engrenagens ficam cada vez mais soterradas de demandas, resultando no descrédito social quanto à sua funcionalidade.

Da mesma forma em que se aponta para ferramentas como a tramitação preferencial, ou as metas do Conselho Nacional de Justiça – CNJ, também se pode questionar o por quê da existência desses institutos, pois, ao passo que procuram dinamizar o trâmite processual, também evidenciam que a questão da morosidade é um problema real, e, aparentemente, de difícil reversão.

Nesse sentido, pode-se traçar o paradoxo entre o disposto no artigo 5°, inciso LXXVIII, da Constituição Federal, que preceitua que "a todos, no âmbito judicial e administrativo, são assegurados a razoável duração do processo e os meios que garantam a celeridade de sua tramitação (Brasil, 2017)", e o verdadeiro significado de *celeridade processual*, pois, embora exista a previsão constitucional, estima-se hoje que a média de tempo necessário para findar um processo gira em torno de 05 anos e 09 meses, de acordo com relatório analítico expedido pelo CNJ referente ao ano-base 2016.

Visando corrigir tal deformidade, leciona Humberto Theodoro Júnior (2015):

> Além da fuga ao tecnicismo exagerado, bem como do empenho em reformas tendentes a eliminar entraves burocráticos dos procedimentos legais (que hoje, diga-se, a bem da verdade, são raros), a efetividade da prestação jurisdicional, dentro da duração razoável do processo e da observância de regras tendentes à celeridade procedimental, passa por programas de modernização da justiça, de efeito bem mais simples: (i) modernização do gerenciamento dos serviços judiciários, para cumprir-se o mandamento constitucional que impõe à Administração Pública o dever de eficiência (CF, art. 37), e (ii) efetiva sujeição ao princípio da legalidade, fazendo que os trâmites e prazos das leis processuais sejam realmente aplicados e respeitados, não só pelas partes, mas, sobretudo, pelos órgãos judiciais (CF, arts. 5°, LXXVIII, e 37, caput).

Por conseguinte, a morosidade processual, um dos óbices da jurisdição, poderá ser desmistificada se houver uma noção de que a burocratização pode impedir a perfectibilização do direito pleiteado, sendo necessária, por vezes, a fuga ao formalismo, aplicando-se a teoria da instrumentalidade de formas a fim de que se consiga, tão logo, a eficiente prestação jurisdicional almejada pelo cidadão. Dessa forma será possível vislumbrar a eficácia do preceito constitucional acima mencionado.

## 4. MEIOS ALTERNATIVOS DE PACIFICAÇÃO SOCIAL

Os meios alternativos de pacificação social surgem, de acordo com Didier Jr., (2009) no sentido de acabar com o dogma da exclusividade estatal para a solução dos conflitos de interesses. Este fenômeno se traduz diariamente nas ocorrências de autocomposição, quando ambas as partes, por transação, submissão ou renúncia, acordam entre si em relação ao sopesamento de seus direitos, de forma a solucionar o conflito longe da máquina judiciária. Vale dizer que tal máquina, além de cara e lenta, muitas vezes é falha, tendo sido, por isso, de fundamental relevância que o princípio da instrumentalidade de formas tenha legitimado os meios alternativos. Por conseguinte, leciona Dinamarco (2009):

> Tal é o escopo magno da jurisdição, que atua ao mesmo tempo como elemento legitimador e propulsor da atividade jurisdicional. Essa perspectiva teleológica do sistema processual sugere a equivalência funcional entre a pacificação estatal imperativa e aquelas outras atividades, nem sempre estatais e jamais dotadas do predicado da inevitabilidade, com que se buscam os mesmos objetivos e a mesma utilidade social.

Nessa esteira, também é possível verificar a mediação, a conciliação e a arbitragem como eficazes e importantes meios de efetivação do escopo social do processo. A conciliação caracteriza-se por ser um procedimento extremamente informal, realizado durante o curso do processo, devendo o julgador prezar pelo acordo das partes em audiência, pois, se positivo o resultado, encerra-se o processo com resolução de mérito, apenas aguardando a homologação do acordo. Note-se que, uma vez exitosa a conciliação, encerra-se o processo com a devida celeridade e eficiência (Filho, 2010).

A mediação, como explicado por Didier Jr., trata-se de técnica para catalisar a autocomposição, ou seja, um terceiro se coloca entre os contendores e tenta conduzi-los à solução autocomposta (2009). Nesse sentido lecionam Sales e Andrade (2011):

> Na mediação ocorre a transformação do conflito por meio da construção do diálogo, antes dilacerado e que, provavelmente, sofreria desgaste ainda mais acentuado pela consequente demora na resolução do tema em sede judicial. O fato de conceder aos envolvidos a possibilidade de manifestar seus interesses e conversar sobre o problema já denota avanço para o litígio em si, que se abre à presença não mais de contentores, mas de pessoas que,

> mesmo em situação de divergência, racionalizam seus interesses e se dispõem a dialogar sobre o tema.

Muito embora conciliação e mediação sejam institutos parecidos, o doutrinador Elpídio Donizetti (2014) aponta para uma distinção:

> A mediação assemelha-se à conciliação, uma vez que ambas visam à autocomposição. Dela se distingue somente porque a conciliação busca sobretudo o acordo entre as partes, enquanto a mediação objetiva debater o conflito, surgindo o acordo como mera consequência. Trata-se de uma diferença de método, mas o resultado acaba sendo o mesmo.

Por fim, e diferentemente dos demais meios alternativos de pacificação social, consoante as lições de Carlos Alberto Carmona (2009), a arbitragem procura a solução de conflitos de forma privada, por meio do qual um terceiro, escolhido pelos litigantes, impõe sua decisão, que deverá ser cumprida pelas partes, pois:

> Esta característica impositiva da solução arbitral (meio heterocompositivo de solução de controvérsias) a distancia da mediação e da conciliação, que são meios autocompositivos de solução de litígios, de sorte que não existirá decisão a ser imposta às partes pelo mediador ou conciliador, que sempre estarão limitados à mera sugestão (que não vincula as partes).

Por este norte, é possível identificar os meios alternativos de pacificação social como exemplos advindos do princípio da instrumentalidade de formas, de modo a solucionar a lide de forma célere e eficaz, longe do formalismo processual.

## 5. CONCLUSÃO

Após o desenvolvimento do presente trabalho, percebe-se a noção do ideal judiciário almejado pelos operadores do direito em detrimento aos óbices do sistema, como morosidade e excessivas demandas, podendo ser registrados pequenos avanços em prol da sua instrumentalidade, como os meios alternativos de acesso à justiça. Em se tratando de pacificação social, a noção de *paz* pode variar para cada indivíduo, mas o caminho para a resolução dos conflitos reside em um mesmo norte: a instrumentalização do direito processual para que se torne não um fim em si mesmo, mas uma ferramenta a serviço do povo, tutelada pelo Estado.

Outrossim, a força do direito reside justamente na instrumentalização e debate de seus dispositivos, a fim de que se construa uma flexibilização dos moldes judiciais para que seja atingido, da melhor maneira possível, seu escopo magno, quer seja, a pacificação social.

## 6. REFERENCES

Brasil, 2016. *Código de Processo Civil e normas correlatas.* Coordenação de Edições Técnicas, Senado Federal, 9 ed.

Brasil, 2017. *Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 99/2017 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008.* Coordenação de Edições Técnicas, Senado Federal.

Bueno, C. S., 2012. *Curso sistematizado de direito processual civil: teoria geral do direito processual civil.* Saraiva, São Paulo, 6 ed.

Cintra, A. C. de., Dinamardo, C. R., Grinover, A. P., 2003. *Teoria Geral do Processo*. Malheiros, São Paulo, 19. ed.

Carmona, C. A. *Arbitragem e processo: um comentário à lei n° 9.307/96.* Atlas, São Paulo, 3 ed.

Dinamardo, C. R., 1993. *A instrumentalidade do processo.* Malheiros, São Paulo, 3 ed.

Donizetti, E. *Curso didático de direito processual civil.* Atlas, São Paulo, 18 ed.

Filho, M. M.. *Curso de direito processual civil.* Atlas, São Paulo, 6 ed.

Theodoro Júnior, H., 2015. *Curso de Direito Processual Civil: teoria geral do direito processual civil, processo de conhecimento e procedimento comum.* Forense, Rio de Janeiro, 56 ed.

BVR, 2015. “Revista dos Tribunais Online”. 6 Ago 2018. <http://www.bvr.com.br/abdpro/wp-content/uploads/2016/03/Ativismo-e-Instrumentalidade-do-Processo-v.-digital.pdf>

BRASIL, CNJ, 2017. “Justiça em números 2017: ano-base 2016”. 10 Ago 2018 <http://www.cnj.jus.br/files/conteudo/arquivo/2017/12/b60a659e5d5cb79337945c1dd137496c.pdf>

GRINOVER, Ada Pellegrini. “Modernidade do Direito Processual Brasileiro”. 15 Ago 2018 <http://www.periodicos.usp.br/rfdusp/article/view/67223/69833>

BRASIL, SENADO FEDERAL, 2011. “O compromisso do projeto de novo código de processo civil com o processo junto”. 09 Ago 2018 <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242896/000923119.pdf?sequence=1>

BRASIL, SENADO FEDERAL, 2001. “Os poderes instrutórios do juiz no processo civil e a instrumentalidade do processo”. 16 Ago 2018 <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/676/000605482_01.pdf?sequence=11>

BRASIL, SENADO FEDERAL, 2011. “Mediação de conflitos como efetivo contributo ao Poder Judiciário brasileiro”. 14 Ago 2018 <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242928/000936208.pdf?sequence=3>

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# O DESAFIO DE TORNAR O PROCESSO MAIS CÉLERE POR MEIO DO USO DA TECNOLOGIA

**Paula Ongaratto Trentin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim/RS
paula_trentin@hotmail.com

***Resumo.*** *Desde os tempos primitivos o homem sempre necessitou de um meio de controle social, considerando que a convivência entre os indivíduos é um constante desafio que gera inúmeras insatisfações e conflitos. Visando regular o meio social, houve a necessidade de o Estado impor coercitivamente algumas regras, no entanto, apenas impô-las não foi suficiente, foi necessária a criação de um sistema que garantisse sua aplicabilidade quando não observadas voluntariamente, a partir daí surge o que atualmente denomina-se processo. Por meio dele, o Estado garantiria a aplicação da lei, e consequentemente a pacificação social, contudo, com o crescente número de demandas, bem como o tempo e os gastos que o processo requer, ele tornou-se falho em sua missão. A fim de tornar a jurisdição efetiva, surgiram outros meios de resolução de conflitos, bem como operacionalizou-se uma modernização do processo, utilizando a tecnologia para torna-lo mais célere. Dentre as principais inovações introduzidas, cabe destacar o processo eletrônico, que possibilitou uma redução significativa do tempo de trâmite do processo ao extinguir diversas atividades exclusivamente burocráticas, sem deixar de observar os princípios e garantias constitucionais. Para a realização da pesquisa utilizou-se o método indutivo, com consulta bibliográfica, tendo como fonte livros e artigos.*

***Palavras-chave:*** *Celeridade processual, tecnologia, processo eletrônico.*

***Abstract.*** *From the earliest times man has always needed a means of social control, considering that the coexistence between individuals is a constant challenge that generates numerous dissatisfactions and conflicts. In order to regulate the social environment, it was necessary for the State to coercively impose some rules, however, only imposing them was not enough, it was necessary to create a system that would guarantee its applicability when not observed voluntarily, from which arises what currently called process. Through it, the state would guarantee law enforcement, and consequently social pacification, however, with the increasing number of demands, as well as the time and expense that the process demands, it has become flawed in its mission. In order to make jurisdiction effective, other means of conflict resolution have emerged, as well as a modernization of the process, using technology to make it more expeditious. Among the main innovations introduced, it is worth highlighting the electronic process, which made it possible to significantly reduce the process time by extinguishing several exclusively bureaucratic activities, while observing constitutional principles and guarantees. For the accomplishment of the research the inductive method was used, with bibliographical consultation, having as source books and articles.*

***Keywords****: Process acceleration, technology, electronic process.*

## 1. INTRODUÇÃO

O presente artigo propõe uma breve reflexão acerca do processo, sua evolução histórica, seus óbices e por fim, sua modernização com o uso da tecnologia. O surgimento do processo interliga-se com a evolução do próprio direito, uma vez que aquele é instrumento deste que se materializa quando surge o conflito entre os indivíduos pela não observância das normas objetivas. Assim, vislumbra-se claramente sua função instrumental, pois surge para garantir a aplicação da lei, fazendo assim, com que a justiça se opere.

Ao tomar para si o *jus puniendi* o Estado comprometeu-se a garantir a paz social, bem como a resolução de todos os conflitos levados a si. Todavia, com o passar do tempo, a insatisfação dos indivíduos com a solução estatal somente cresceu. Tendo em vista este panorama de descontentamento, o Estado passou a admitir, e até mesmo a incentivar, a resolução dos conflitos por meios alternativos como a conciliação, a mediação e a arbitragem, ponderando que se o que importa é a pacificação social, não influi de que forma ela se opere, desde que seja eficaz.

Desse modo, ao diversificar a operação da jurisdição, o Estado também passa a incluir a tecnologia no processo, pois a crescente informatização da sociedade, bem como a necessidade de rapidez e facilidade no acesso às informações, não permitiu a manutenção do arcaico processo brasileiro. Neste viés, foram criados diversos convênios entre o poder judiciário e os órgãos públicos, a exemplo do Infojud, do Serasajud, do Bacenjud e do Renajud, que permitiram que os próprios servidores realizassem atividades nestes órgãos utilizando a internet e dispensando o envio de ofícios, que demoravam sobremaneira para serem efetivamente cumpridos, tornando assim o processo mais ágil.

Além disso, cabe destaque a introdução do uso de meios eletrônicos no processo, bem como o surgimento do processo judicial eletrônico. Quanto a este último, salienta-se que realizou uma verdadeira revolução no modo de ser do processo, possibilitando o alcance da tão almejada presteza jurisdicional. Entretanto, diversos teóricos apontam alguns óbices à sua consagração, uma vez que a desigualdade material e intelectual impossibilitaria o acesso do processo eletrônico e de suas facilidades a todos, assim como, também é colocada em dúvida a plena observância das garantias constitucionais, dentre elas o devido processo legal e o acesso à justiça, princípios basilares do processo e extremamente importantes para sua fiel consecução.

Por fim, analisar-se-á a efetividade do processo eletrônico, e das demais inovações tecnológicas introduzidas no processo, com destaque para a superação dos problemas já apontados, assim como o apontamento de soluções para os entraves que surgiram e ainda não foram solvidos

## 2. O DESAFIO DE TORNAR O PROCESSO MAIS CÉLERE POR MEIO DO USO DA TECNOLOGIA

Um dos maiores obstáculos para a atuação da jurisdição, da forma preconizada pela Constituição Federal, é a demora em sua prestação. A fim de amenizar, ou até mesmo solucionar, este impecilho surge a tecnologia como meio de dar celeridade aos processos, sem a perda de qualidade e profundidade.

### 2.1 Processo e Jurisdição: breve histórico e finalidade atual

No contexto atual, é impensável que exista uma sociedade sem direito, uma vez que até mesmo o homem pré-histórico já necessitava de seus mecanismos para conviver. O direito possui duas funções básicas e vitais para a sociedade: a coordenação dos interesses dos indivíduos e a composição dos conflitos que surgem da divergência entre estes interesses, visando a harmonização das relações sociais intersubjetivas, ou seja, operar o controle social (CINTRA, DINAMARCO, GRINOVER, 2014).

Contudo, apenas a criação do direito não foi suficiente, foi necessário ir além e criar um meio para resolver de forma efetiva a insatisfação dos indivíduos perante o não cumprimento do direito objetivo, a partir daí surge o que atualmente denominamos como processo. Após, uma larga evolução histórica, desde a auto composição até a afirmação do Estado como titular exclusivo da prestação jurisdicional, chegamos ao processo moderno (CINTRA, DINAMARCO, GRINOVER, 2014).

Visando o bem comum, o Estado exerce a jurisdição pacificando o meio social com justiça e equidade. Neste sentido, Antonio Carlos de Araújo Cintra, Ada Pelgrini Grinover e Cândido Rangel Dinamarco (2014, p. 43) destacam:

> Hoje, prevalecendo as ideias do Estado Social, em que ao Estado se reconhece a função fundamental de promover a plena realização dos valores humanos, isso deve servir, de um lado, para pôr em destaque a função jurisdicional pacificadora como fator de eliminação dos conflitos que afligem as pessoas e lhes trazem angústia; de outro para advertir os encarregados do sistema quanto à necessidade de fazer do processo um meio efetivo para a realização da justiça. Afirma-se que o objetivo-síntese do estado contemporâneo é o bem comum, e quando, se passa ao estudo da jurisdição é lícito dizer que a projeção particularizada do bem comum nessa área é a pacificação com justiça.

Entretanto, a observância das garantias constitucionais do processo, essenciais para que o Estado exerça o poder jurisdicional de forma justa, a exemplo do devido processo legal e do contraditório, demandam tempo. Esta longa duração do processo gera a permanência de situações indefinidas, mantendo a angústia e insatisfação pessoal do indivíduo, de modo que o Estado falha na pacificação social, porquanto o formalismo, por vezes exacerbado, gera o arrastar da demanda por inúmeros anos (THEODORO JÚNIOR, 2016).

Ante tão grave situação, na qual o descrédito no Poder Judiciário se deve principalmente à sua célebre lentidão, vem-se buscando formas de aplacar a morosidade, otimizando e modernizando o sistema processual, sendo esta uma busca constante, aplicada gradativamente, por meio de diversas ações conjuntas (BARBOSA, 2015).

Nesse viés, surgem os juizados especiais cíveis e criminais, que possibilitaram o acesso a um processo mais enxuto e menos formal, bem como a adoção da conciliação e da mediação tanto nas formas endoprocessual quanto extraprocessual, além do incentivo à retomada da arbitragem e o uso da tecnologia no processo. Em suma, meios alternativos de resolução dos conflitos, bem como maneiras de tornar o processo mais ágil e eficaz. (CINTRA, DINAMARCO, GRINOVER, 2014).

## 2.2 Celeridade Processual e o processo eletrônico

A partir da análise anteriormente realizada, infere-se, que não basta à parte chegar até o Poder Judiciário, é necessário lograr êxito na pretensão jurisdicional, sendo que a prestação morosa da justiça equivale à injustiça, e pode significar o perecimento do direito pretendido, corroborando a máxima de que Justiça que tarda é Justiça falha, uma vez que os reflexos práticos da função jurisdicional exercida pelo Estado devem se fazer sentir pelo jurisdicionado, sob pena de ineficiência (BARBOSA, 2013).

Visando tornar concreto o combate da demora na prestação jurisdicional surge princípio da celeridade processual, que atualmente encontra-se positivado na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, no artigo 5º, inciso LXXVIII que exprime, "a todos, no âmbito judicial e administrativo, são assegurados a razoável duração do processo e os meios que garantam a celeridade de sua tramitação" (BRASIL, 1988, p. 11). Desse modo, ao atribuir caráter constitucional e elevar a brevidade do processo ao nível de cláusula pétrea, o legislador buscou imprimir maior efetividade ao trâmite processual, tornando-o mais justo e condizente com as necessidades dos cidadãos (BARBOSA, 2013).

Contudo, Zamur Filho (2011, p. 130) salienta, "o verdadeiro princípio que deve informar a ordem jurídica justa não é a agilidade a qualquer custo, pois pode o processo dispensar seu objetivo: de nada adianta correr se pelo caminho se perde a coerência com seus escopos."

Infere-se que toda a pessoa tem o direito a mais do que apenas um processo célere, é necessário um processo justo, para isso é preciso haver a observância do devido processo legal, bem como das demais garantias estabelecidas pela Constituição. Faz-se necessário primeiramente garantir o livre acesso à justiça, para que após ocorra a exposição da razão de ambas as partes perante um juiz competente, independente e imparcial, estabelecido anteriormente por lei, que realizará a composição da lide de acordo com os preceitos legais e com a equidade, num prazo razoável, pondo fim ao conflito de interesses em Juízo controvertido (SANTOS, 2010).

A evolução da sociedade emerge, surgem novas tecnologias e teorias a cada instante, encontram-se soluções para problemas considerados absolutamente irresolúveis. Estas evoluções também vêm ocorrendo no direito, que por meio de inúmeros fatores, incluindo os supracitados, tende a evoluir e tornar-se cada vez mais célere e justo, assim os operadores do direito, bem como todos os envolvidos na prestação jurisdicional devem evoluir no mesmo passo, sob pena de defasagem, bem como de tornar o sistema processual menos eficiente (RIBEIRO, 2015).

Nesse viés, cabe destacar o uso da tecnologia no processo, uma vez que garante o alcance do resultado útil almejado pelo demandante, bem como a pacificação social desejada pelo Estado, ao possibilitar a resolução do conflito com a observância dos devidos princípios constitucionais e processuais de modo mais célere. O processo eletrônico, bem como o Bacenjud, o Infojud, o Serasajud, o Renajud, e as audiências realizadas por meio de videoconferências são claros exemplos do uso da tecnologia em favor da prestação jurisdicional (BARBOSA, 2013).

O marco efetivo da modernização da ciência jurídica em prol do cidadão é a Lei nº 11.280, de 2006, que expressamente incorporou a prática de atos processuais por meio eletrônico, que possibilitou a "instantaneidade e facilidade da transmissão de informações por meio da interconectividade proporcionada pela Internet, minimizando assim as barreiras do tempo e do espaço" (DANTAS NETO, 2011, p. 174). Além disso, promoveu a inclusão do parágrafo 2º ao artigo 154 do Código de Processo Civil de 1973 que preceituava, "todos os atos e termos do processo podem ser produzidos, transmitidos, armazenados e assinados por meio eletrônico na forma", determinando a inclusão definitiva do sistema eletrônico de tramitação no processo.

Barbosa (2013, p. 108) destaca:

> O intuito do legislador com a edição da Lei nº 11.419, de 2006, era a mudança estrutural do Poder Judiciário, com vistas à concretização do direito constitucional à razoável duração do processo e à justiça célere, pois, com os avanços propiciados pela globalização, o conceito de celeridade judicial é indissociável da aplicação das novas tecnologias de transmissão virtual de dados.

Salete Oro Boff e Franciane Hassen (2017, p. 174), aduzem sobre o processo eletrônico:

> O Poder Judiciário brasileiro, nos últimos anos, percebeu a importância de incorporar os benefícios das tecnologias de informação para reduzir a morosidade na prestação jurisdicional e ainda, democratizar o acesso às informações processuais. O Processo judicial eletrônico brasileiro teve início há uma década, cita-se como exemplo, a Justiça Federal da 4ª Região, que congrega os Estados do Rio Grande do Sul, do Paraná e de Santa Catarina, e que desenvolveu seu próprio Sistema de Processo Eletrônico, primeiro foi implantado para os Juizados Especiais e, atualmente, para todos os processos.

Visando dar maior efetividade à economia processual, o processo eletrônico surge como meio de quebrar as barreiras geográficas e permitir o acesso dos autos em todo lugar. Assim, o operador do direito tem livre acesso ao processo, podendo peticionar 24 horas por dia; a parte pode acompanhar o trabalho de seu procurador, bem como o andamento do processo; os servidores podem ocupar-se de atividades típicas do gabinete, uma vez que a demanda das burocráticas atividades cartorárias diminui consideravelmente (BOFF; HASSE, 2017).

> As informações passaram a ser disponibilizadas em meio virtual, portanto, a migração da informatização do Poder Judiciário propiciou mudanças significativas nos procedimentos administrativos judiciais. Os atores processuais deixaram de se preocupar com tarefas mecânicas e burocráticas, passando a dedicarem-se as tarefas de inteligência, fazendo com que o trabalho prestado torne-se mais eficaz. Somado a isso, a otimização de pessoal no judiciário mostrou-se um dado importante, pois os serventuários passaram a ser mais bem aproveitados, acabando com os serviços rotineiros e braçais para prestar um serviço de melhor qualidade (COSTA et al, 2013).

A implantação do processo eletrônico trouxe inúmeras vantagens inovadoras que mudaram a forma de tramitar do processo, transmitir peças e comunicar atos processuais. Dentre elas cabe destacar o processamento automático, a maior qualidade e fidelidade da informação, bem como maior rapidez em seu acesso, além do menor impacto ambiental (SILVA, 2015). Ademais, salienta-se a economia de 70% no tempo de duração do processo quanto à sua parte burocrático administrativa. Tal redução foi alcançada pela possibilidade de vistas conjuntas, pelo controle automático dos prazos processuais, bem como pela dispensa da carga física dos autos e de atos secundários, como movimentações, numeração de páginas, autuações e deslocamentos que demandavam grande tempo (ADORNO JÚNIOR; MUNIZ, 2016).

Todavia, apesar das evidentes benesses que o processo eletrônico trouxe, começaram a surgir questionamentos acerca da preservação das garantias constitucionais ao longo de seu trâmite, principalmente no que tange ao acesso à justiça, considerando a possibilidade de operar-se uma elitização da justiça eletrônica, por meio da criação de uma duplicidade. Assim, ter-se-ia uma justiça informatizada e rápida para a classe abastada e outra morosa e arcaica para os hipossuficientes (BOFF; HASSE, 2017).

Hélcio Luiz Adorno Júnior e Ramiro Vasconcelos Muniz (2016, p. 117) prelecionam que:

> Com a implantação do processo judicial eletrônico, o efetivo acesso à justiça não se resumirá à possibilidade de provocação do Estado para solucionar os litígios. Para que o cidadão comum tenha acesso a essa nova ferramenta, serão necessários equipamentos que permitam a digitalização de peças processuais e computadores modernos, com conexão rápida e estável à internet, o que é caro e ainda não está disponível em todas as regiões do país. Nesse ínterim, caberá ao Poder Judiciário disponibilizar a estrutura necessária para que as partes tenham acesso ao novo sistema, evitando desigualdades processuais entre os litigantes, advindas da falta de instrumentação tecnológica.

Desse modo, tornou-se imperativa a implantação de políticas públicas de inclusão social digital, a fim de garantir não apenas o acesso à internet e à informação, mas também a capacidade do indivíduo no uso e no entendimento das ferramentas virtuais e do próprio conteúdo das informações (BOFF; HASSE, 2017).

> Por mais relevantes que sejam os benefícios trazidos pelo processo judicial eletrônico, não poderão prejudicar os direitos conquistados pelos cidadãos. A modernização do processo precisa cuidar de não excluir os que mais necessitam da prestação jurisdicional. O processo judicial eletrônico deve ser ferramenta para ampliar o acesso à justiça e torná-la mais célere. Sensibilizar-se com as dificuldades reais de acesso a essa modernidade é utilizar a tecnologia em benefício dos indivíduos, escopo maior da jurisdição. Não se pode dar um passo à frente na modernização do processo, com a implantação da modalidade eletrônica, à custa de se regredir décadas nos avanços alcançados com o direito de acesso à justiça (ADORNO JÚNIOR; MUNIZ, 2016, p. 118).

Assim, o processo eletrônico faz-se um dos meios eficazes na garantia da tutela jurisdicional justa, adequada e célere, considerando que dá acesso a uma justiça substancial que consigna a exatidão do direito postulado pela parte, em prazo razoável o suficiente à utilidade do provimento judicial. Contudo, ressalva-se a necessidade da operação de uma inclusão digital dos hipossuficientes, assim como uma educação de qualidade, vez que apenas ter acesso sem ter o entendimento de nada serve ao cidadão, a fim de que se garanta o livre acesso ao judiciário e a efetividade do processo eletrônico para todos (SILVA, 2015).

## 3. CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que o processo e a pacificação do meio social encontram-se inevitavelmente entrelaçados, principalmente quando observadas situações controvertidas que não se resolvem por si próprias. Ao exercer seu direito de acesso à justiça o cidadão ao provocar a jurisdição por meio de uma ação, esperando que o Estado, detentor exclusivo do direito de punir, resolva de forma ágil e definitiva a situação posta. De tal modo, a prestação jurisdicional torna-se indispensável para evitar a insatisfação social gerada pela não observância do direito objetivo.

Diante do supramencionado é evidente que o processo não pode arrastar ao longo dos anos, pois a demora apenas geraria um crescente desagrado e a manutenção da angústia do indivíduo. Neste ínterim, o Estado passou a admitir formas alternativas ao processo na resolução de determinados conflitos, visando diminuir a demanda judicial existente,

aliado a isto, passou a adotar o uso da tecnologia visando tornar mais ágil a prestação jurisdicional nos casos em que esta é indispensável.

O uso da tecnologia no processo possibilitou um grande avanço no quesito celeridade, principalmente após a adoção do processo eletrônico. A possibilidade de acesso, quase que irrestrita, aos autos facilitou sobremaneira o trabalho dos advogados, que não precisam deslocar-se até o fórum para ter acesso aos autos, bem como dos servidores do poder judiciário, que ficam livres das juntadas, movimentações, paginações e demais atividades cartorárias que os autos físicos demandam.

Desse modo, o processo eletrônico possibilitou uma redução razoável no tempo médio de duração de um processo, no entanto, não deixou de observar as garantias constitucionais, considerando que o acesso ao poder judiciário e o devido processo legal são pautados em sua essência. Assim, possibilitou que o Estado, no exercício do poder jurisdicional, chegue mais próximo ao seu ideal de plena pacificação da sociedade.

Contudo, ainda se revela um abismo entre a realidade posta nos papéis e a efetivamente vivenciada pelos brasileiros. Salienta-se a crescente necessidade de adoção medidas governamentais que tornem efetivas a inclusão digital e intelectual de grande parte da população, a fim de que o processo judicial eletrônico seja um meio de resolução de conflitos que traga a prestação jurisdicional célere para todos.

## 4. REFERÊNCIAS

Adorno Júnior, H.L.; Muniz, R.V., jan/jun 2016. Nova leitura dos princípios de direito processual constitucional no processo judicial eletrônico. Universitas. nº 12. ano 19. São Paulo. Disponível em: <http://www.revistauniversitas.inf.br/index.php/UNIVERSITAS/article/view/234/161>. Acesso em: 18 jul, 2018.

Barbosa, A.J.R.M., 2013. O processo judicial eletrônico como instrumento de concretização do direito fundamental à celeridade da prestação à tutela jurisdicional. Esmat. Palmas. Disponível em: <http://esmat.tjto.jus.br/publicacoes/index.php/revista_esmat/article/view/59/65>. Acesso em: 17 jul, 2018.

Boff, S.O.; Hasse, F., jan/abr 2017. Implicações do uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC'S) e da sociedade digital no acesso à justiça no processo judicial eletrônico – Pje. Jurídica. FURB. nº 44. Blumenau/SC. 21 v. Disponível em: <http://gorila.furb.br/ojs/index.php/juridica/article/view/6171>. Acesso em: 18 jul, 2018.

Brasil, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília.

Cintra A.C.A.; Dinamarco C.R.; Grinover A.P., 2014. Teoria geral do processo. Malheiros. 30. ed. São Paulo.

Costa, S.M. et al, 2013. Efetividade da jurisdição na sociedade da informação. FMU Direito. nº 40. ano 27. São Paulo. Disponível em: <http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/FMUD/article/view/427>. Acesso em: 18 jul, 2018.

Dantas Neto, R.M., 2011. Autos virtuais: o novo layout do processo judicial brasileiro. Revista de Processo, São Paulo. 36 v. Disponível em: < http://www.egov.ufsc.br:8080/portal/sites/default/files/59-175-1-sm.pdf>. Acesso em: 19 jul, 2018.

Ribeiro, M.F., jan/mar 2015. Processo judicial eletrônico e a razoável duração do processo. TST. nº 1. Brasília. 81 v. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/bitstream/handle/20.500.12178/96096/2015_ribeiro_markeline_processo_judicial.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 jul, 2018.

Santos, L.M., 2010. O processo eletrônico e o acesso à justiça. CEULP/ULBRA. Palmas. Disponível em: <http://www.justocantins.com.br/files/publicacao/TCD_II_Leilson_Mascarenhas.pdf>. Acesso em: 18 jul, 2018.

Silva, J.M.C., 2015. O processo eletrônico frente aos princípios da celeridade processual e do princípio do acesso à justiça. UNICAP. Dissertação 120 p. Recife. Disponível em: <http://repositorio.asces.edu.br/handle/123456789/570>. Acesso em: 19 jul, 2018.

Theodoro Júnior, H., 2016. Curso de Direito Processual Civil: Teoria geral do direito processual civil, processo de conhecimento e procedimento comum. Forense. 57. ed. Rio de Janeiro.

Zamur Filho, J., 2011. Processo judicial eletrônico: alcance e efetividade sob a égide da lei nº 11.419, de 19.12.2006. USP. São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2137/tde-02052012-105409/en.php>. Acesso em: 18 jul, 2018.

CONIGTI

# Engenharia Civil:

# Construção Civil

# Materiais de Construção

# Meio Ambiente

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) EM CONCRETO

**Adriane Baldin**
**Bruno Marangoni**
**Suelen C. Vanzetto**
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
adribaldin@icloud.com

***Resumo:*** *Com o crescimento populacional o consumo de água também aumentou. Porém para que essa água possa ser consumida pelos seres humanos ela deve passar por um processo de tratamento que acontece nas estações de tratamento de água. Esse processo gera um resíduo chamado lodo. Este estudo propôs a utilização desse resíduo no concreto convencional, visando uma maneira sustentável de diminuir os impactos ambientais causados pela disposição incorreta do mesmo, além de minimizar os custos com sua destinação. Para isso foi utilizado o material como adição fíler em teores de 3%, 5% e 8% da massa de cimento em um concreto com traço de 1:5 e analisados os resultados obtidos nos ensaios de estado fresco e endurecido, com tempo de cura aos 28 dias, comparando-os com os valores do concreto referência.*

*Palavras-chave: Lodo de estação de tratamento de água, concreto convencional, adição fíler.*

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento do crescimento populacional, principalmente nos grandes centros urbanos, associado ao desenvolvimento tecnológico gerou um aumento também no consumo de água, que é um elemento essencial e insubstituível à vida humana. (BATALHA, 2012). Para ser consumida, a água deve passar por um processo que a torne potável, com padrões de qualidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Para essa finalidade são construídas as estações de tratamento de água (ETAs), onde a água bruta é purificada através de processos geram um volume de resíduo chamado de lodo (ANGELIM, 2015).

Em contrapartida, a construção civil vem se tornando uma fonte para o reaproveitamento dos mais diversos tipos de detritos, transformando-se em uma alternativa sustentável para os diversos problemas de destinação desses resíduos. Entretanto, ainda existe resistência por parte de profissionais do setor em utilizar esses materiais (CALDEIRA, SERRADILHA e RODRIGUES, 2016).

Nos últimos anos surgiram vários estudos de reaproveitamento de resíduos em produção de concretos, entre eles a utilização de alguns materiais como adição fíler, que é um material muito fino, adquirido através da trituração de rochas calcárias ou basálticas que é adicionado ao concreto com a finalidade de melhorar algumas de suas propriedades (HASSE, 2016).

A pesquisa apresenta como objetivo geral a análise da utilização de lodo de estação de tratamento de água como adição fíler ao concreto convencional em diversos teores. Os objetivos específicos são definir as diferentes concentrações de lodo a ser adicionada ao concreto como fíler e avaliar a resitência à tração na flexão dos corpos de prova.

## 2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi utilizado como aglomerante hidráulico o cimento denominado CP IV. O agregado graúdo utilizado consiste em uma brita de origem basáltica, chamada comercialmente de brita 1 e o agregado miúdo é uma areia média natural de origem quartzosa.

O lodo utilizado foi coletado em uma estação de tratamento de água da cidade de Erechim – RS, e passou pelos processos de secagem em estufa a uma temperatura de 100 °C, moagem no moinho de bolas por um período de 6 horas e calcinação em forno mufla a temperatura de 700ºC pelo tempo de uma hora, com posterior resfriamento ao ar livre. Para a confecção do concreto foram utilizados teores de adição de 0%, 3%, 5% e 8%, com partículas com diâmetro

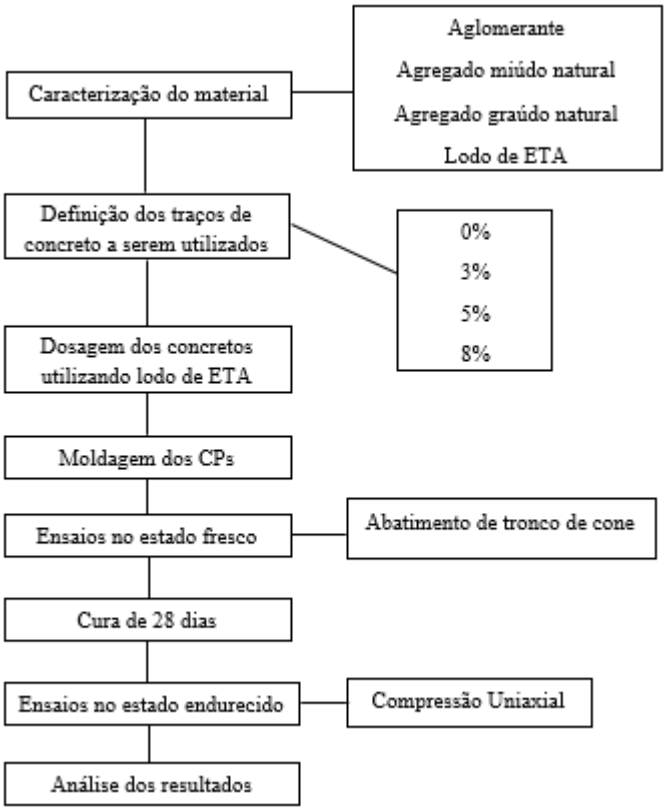
inferior à 75 µm para que o mesmo fosse classificado como fíler. Foi fixada a relação água/cimento em 0,45, baseado nos limites de acordo com a norma NBR 6118/2014. Houve uso de aditivo super-plastificante para a melhoria da trabalhabilidade.

A consistência (estado fresco) foi determinada através do ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump test). A fim de caracterizar as propriedades mecânicas dos concretos com adição de lodo de ETA, foi realizado o ensaio quanto a resistência à compressão uniaxial do concreto no estado endurecido.

## 2.1 Programa experimental

A Fig. 1 mostra o fluxograma esquemático das etapas realizadas no desenvolvimento da pesquisa.

Figura 1. Fluxograma das etapas dos ensaios realizados na pesquisa




## 2.2 Definição dos Parâmetros de Moldagem

Para esse estudo adotou-se o método de dosagem do IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), por ser o mais utilizado em obras de engenharia para concretos convencionais.

A partir do Diagrama de Dosagem obtido na dosagem experimental, foi definido o traço de concreto para a pesquisa. Após foram confeccionados concretos com traço 1:5 com adições de 0% (referência), 3%, 5% e 8% de lodo de ETA.

Como variáveis de resposta aos 28 dias, foi realizado o ensaio de resistência à compressão uniaxial, segundo a NBR 5739/2007, que avaliou as propriedades físicas e mecânicas dos concretos estudados. Na Tab. 1, encontra-se a matriz experimental desta pesquisa.

Tabela 1. Matriz Experimental.

| **Fatores controláveis** | | **Traço unitário desdobrado** | | | **Cons. de água (kg)** | **Cons. de cimento (kg/m³)** | **Parâmetros** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Teor de adição (%)** | **Traço unitário** | **c** | **A** | **p** | | | **α (%)** | **Abat. (mm)** | **(a/c)** |
| 0 | 1:5 | 1 | 2,24 | 2,76 | 5,79 | 371,33 | 54 | 112 | 0,45 |
| 3 | | | | | | | | 110 | |
| 5 | | | | | | | | 108 | |
| 8 | | | | | | | | 110 | |

### 2.3 Moldagem dos Concretos

A moldagem dos corpos de prova foi feita conforme as especificações da NBR 5738 (2015), para moldagem e cura de corpos de prova de concreto. Os mesmos foram moldados em formas cilíndricas com dimensões de 10x20 cm, untadas por desmoldante. Essas formas tem como finalidade a redução de perdas da pasta de cimento e de variabilidade dimensional de cada traço.

Após moldagem, os corpos de prova foram submetidos ao processo de adensamento em plataforma vibratória para garantir uma mistura adequada dos materiais. Posteriormente foram identificados e cobertos com lona com o objetivo de evitar a perda de água. Após 24 horas os mesmos foram desmoldados e colocados em câmara úmida para curar pelo tempo determinado.

Antes da realização dos ensaios foi feito o processo de retificação, para evitar uma distribuição não uniforme da tensão de compressão em determinados pontos, que possam interferir nos resultados devido à irregularidade na superfície de topo do corpo de prova.

### 2.4 Ensaio de resistência à compressão uniaxial

O ensaio é normatizado pela NBR 5739/2007, que determina o método pelo qual devem ser enaiadosà compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto pressão em determinados pontos, que possam interferir nos resultados devido à irregularidade na superfície de topo do corpo de prova.

O corpo de prova cilíndrico é colocado perpendicular ao eixo longitudinal da prensa hidráulica, onde são inseridas tensões até a ruptura para medida da resistência.

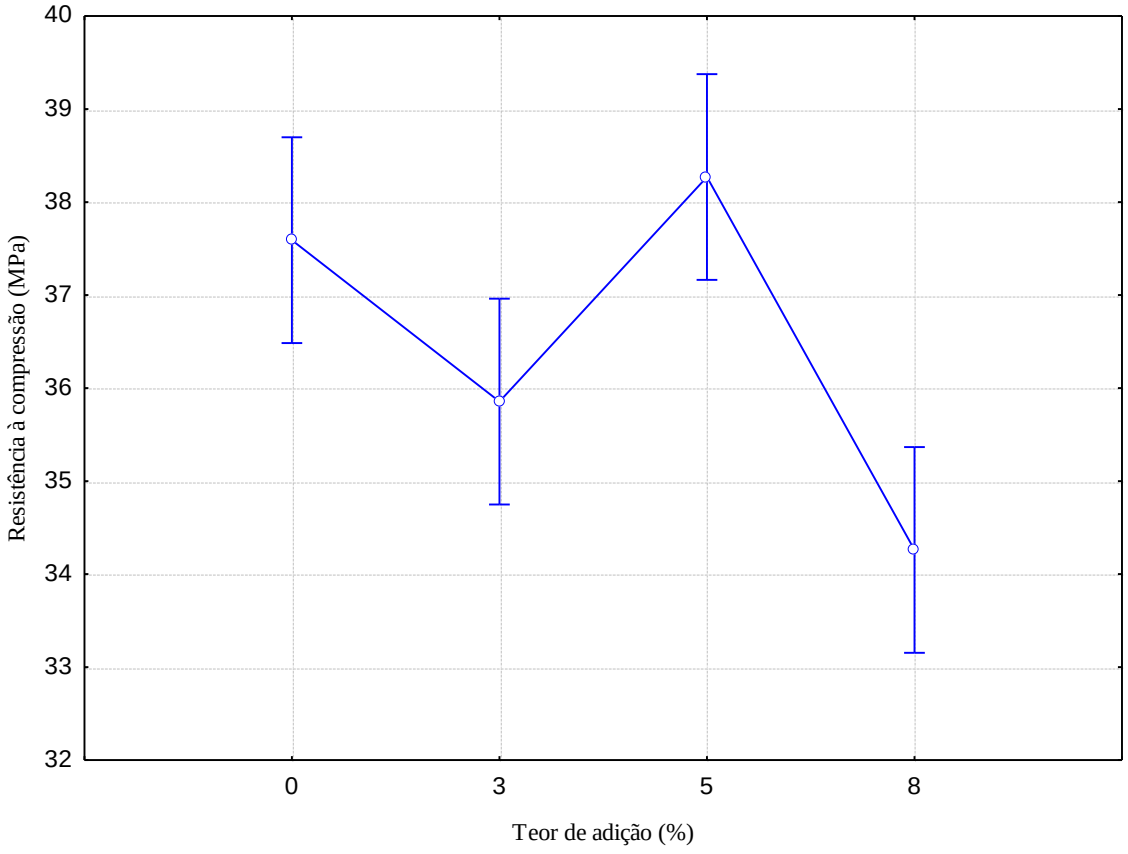
Foram utilizados três corpos de prova para cada teor de adição.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Resistência à compressão uniaxial

Na Fig. 2, encontra-se uma comparação entre as médias dos resultados dos ensaios de Resistência à Compressão onde foi utilizado lodo de ETA nos teores de 0%, 3%, 5% E 8%.

Figura 2 – Comparação das médias do ensaio à Compressão Uniaxial



Observa-se na Fig. 2 que o teor de adição de 5%, com resistência média de 38,27 MPa, apresentou melhor desempenho quando comparado ao teor de referência, cuja resistência média foi de 37,59 MPa.

O empacotamento de partículas tem como finalidade diminuir o índice de vazios dificultando a interligação de ar incorporado, oriundo de bolhas que ficam aprisionadas no interior da massa de concreto durante o período de cura (BARANHUK, 2014). De acordo com Mehta e Monteiro (2008), reduzindo índice de vazios, consegue-se um concreto com maior compacidade, dificultando o transporte de agentes agressivos para o interior da massa de concreto e, portanto, melhorando a resistência aos esforços solicitantes a que o concreto está sujeito.

Partículas muito finas atuam de maneira a preencher os espaços vazios que existem entre as partículas maiores, gerando um aumento na densidade de empacotamento, diminuindo a quantidade de água necessária no processo e ajudando a aumentar a resistência mecânica (GEROTTO *et al.*, 2000).

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), reduzindo índice de vazios, consegue-se um concreto com maior compacidade, dificultando o transporte de agentes agressivos para o interior da massa de concreto e, portanto, melhorando a resistência aos esforços solicitantes a que o concreto está sujeito.

Conforme análise dos resultados obtidos pelo método Tukey, observa-se que os teores de 3% e 5% de adição de lodo no concreto não apresentaram diferenças significativas quando comparados ao traço de referência, ou seja, eles são considerados estatisticamente iguais. Já o teor 8% de adição apresentou diferença significativa, indicando que o mesmo é estatisticamente diferente do teor de referência.

## 4. CONCLUSÕES

Tendo em vista os ensaios mecânicos realizados, com o objetivo de avaliar o desempenho do concreto com adição de lodo de ETA com efeito fíler, nos teores de 3%, 5% e 8%, a principal conclusão desta pesquisa é que com relação à propriedade mecânica da resistência à compressão uniaxial o melhor resultado foi do teor de adição de 5%, atingindo uma resistência de 38,27 Mpa, classificando-se como concreto de resistência moderada, pois está entre os valores de 20 à 40 MPa, conforme Metha e Monteiro (2008).

Embora o melhor resultado seja o do teor de 5%, os demais teores de adição, de 3% e 8%, também atingiram a resistência mínima exigida pela norma ABNT NBR 6118/2014 para concretos, que é de 25MPa para fins estruturais.

O reaproveitamento de lodo de ETA mostrou-se viável, principalmente para os teores de 5%, considerando que quando foi utilizado na produção de concretos convencionais produziu resultados muitos satisfatórios, quando comparados com os corpos de prova de referência.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ANGELIM, S. C. M. **Estudo em escala real da disposição de resíduo de decantador de ETA em lagoa de estabilização de esgoto.** 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

BARANHUK, A. D. **Análise da influência do empacotamento dos agregados na porosidade do concreto.** 2014. 86 f. TCC (Curso de Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BATALHA, C. T. **Avaliação das propriedades da argamassa com substituição parcial de cimento por cinza do lodo da estação de tratamento de água da cidade de Manaus.** 2012. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

CALDEIRA, A. C. V.; SERRADILHA, V. H.; RODRIGUES, P. S. H. Utilização de resíduo de bloco estrutural de concreto na substituição parcial e total de agregados e aglomerantes em traço de concreto estrutural. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba, v. 01, n 01, p. 72-88, out./dez., 2016.

HASSE, J. A. **Influência do uso de adição de fíler cerâmico no controle de segregação e exsudação de concretos auto adensáveis.** 2014. 90 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE QUÍMICA DO EFLUENTE TRATADO E SEU APROVEITAMENTO PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO

**Alessandra Zaleski**
**Bruno Marangoni**
**Suelen Cristina Vanzetto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus II, RS 331, Erechim - RS
alessandra_zaleski@hotmail.com; b-marangoni@outlook.com; suelen.van@hotmail.com

***Resumo.*** *A construção civil é um setor importante na economia do país e um grande consumidor de recursos naturais, na maioria das vezes de forma inadequada, causando degradação ambiental e aumento da poluição, através da geração de resíduos como consequência de sua atividade produtiva. Na busca de soluções para o desenvolvimento sustentável da construção civil, destaca-se a utilização de processos construtivos racionalizados que minimizem os impactos negativos. Desta forma, uma opção que se faz válida é utilizar efluentes de esgotos tratados na execução de serviços e processos na construção civil que não necessitem de uma água com padrão de qualidade elevado. Este trabalho procura analisar a possibilidade de utilização de esgoto tratado pelo sistema de lagoa facultativa, em substituição na água de amassamento de concreto, visando inertizar o efluente potencialmente poluidor, beneficiando a construção civil e a sociedade. Assim sendo, realizou-se a caracterização dos matérias, a elaboração do traço, a análise química do efluente tratado, e após concretagem e moldagem dos Corpos de Prova. Avaliou-se o seu aproveitamento através do ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial, na idade de 28 dais. Obteve-se como resultado que o efluente tratado é considerado estaticamente igual a água potável, sendo viável sua utilização para produção de concreto.*

***Palavras chave:*** *Construção Civil, Análise Química, Efluente Tratado, Resistência à Compressão Uniaxial.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na época atual, apesar da aparente abundância de recursos hídricos, o reuso de água vem conquistando espaço principalmente nos grandes centros urbanos, onde a escassez representa altos investimentos e custos operacionais para captação e adução de água a grandes distâncias (DA SILVA, 2008).

A construção civil é um setor importante na economia do país e um grande consumidor de recursos naturais, na maioria das vezes de forma inadequada, causando degradação ambiental e aumento da poluição, através da geração de resíduos como consequência de sua atividade produtiva. Na busca de soluções para o desenvolvimento sustentável da construção civil, destaca-se a utilização de processos construtivos racionalizados que minimizem os impactos negativos (OLIVEIRA et al., 2014).

Assim sendo, uma opção que se faz válida é utilizar efluentes de esgotos tratados na execução de serviços e processos na construção civil que não necessitem de uma água com padrão de qualidade elevado, desde que haja uma prévia certificação de que essa alternativa seja viável sob determinados aspectos, principalmente no tocante aos padrões de segurança nas edificações (DA SILVA, 2008).

Posto isto, este trabalho procura analisar a possibilidade de utilização de esgoto tratado pelo sistema de lagoa facultativa, em substituição na água de amassamento de concreto, visando inertizar o efluente potencialmente poluidor, beneficiando a construção civil e a sociedade.

## 2. METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, utilizou-se um efluente de esgoto industrial tratado pelo sistema de lagoa facultativa, onde o mesmo foi substituído totalmente pela água de amassamento do concreto. O Efluente foi coletado na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE's) da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus I, Erechim/RS. Após o processo de coleta, o efluente foi disposto para análises químicas em laboratório.

Adotou-se os seguintes materiais para a produção dos concretos:

- cimento CP II - Z;

- agregado graúdo uma brita de origem basáltica, chamada comercialmente de brita 1;
- agregado miúdo uma areia média natural de origem quartzosa.

O método de dosagem utilizado, foi o IPT/EPUSP proposto por Helene e Terzian (1992), por ser o mais utilizado em obras de engenharia para concretos convencionais. Os parâmetros utilizados são a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, segundo a NBR NM 67/1998.

Conforme o método, foi produzido um concreto com traço 1:3,5 (traço rico), outro com 1:5 (traço intermediário), e também 1:6,5 (traço pobre). Realizando ajustes até atingir um teor de argamassa ideal ( $\alpha$ ) capaz de proporcionar a melhor trabalhabilidade e coesão, assim como um bom envolvimento dos agregados nas misturas, para respeitar o abatimento.

O teor de argamassa ideal ( $\alpha$ ) encontrado foi de 52%, após obteve-se a resistência média do concreto, assim construindo o Diagrama de Dosagem para o Cimento Portland, o qual é composto por quatro eixos: a tensão de dosagem do concreto aos 28 dias (Fc), a relação água/cimento (a/c), o traço unitário (m) e o consumo de cimento (Cc). A partir do Diagrama de Dosagem obtido na dosagem experimental, foi definido o traço de concreto para a pesquisa, através da relação fixa na resistência de 25 Mpa. Obtendo-se os seguintes resultados dispostos na Tab. 1.

Tabela 1. Traço definido na dosagem experimental

| Relação a/c | M | Consumo de Cimento (kg/m³) | α | Traço unitário | | | Quantidade de Material (kg) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | c | A | p | C | A | P | Água (Kg) | Aditivo (%) |
| 0,52 | 5 | 371,526 | 0,52 | 1 | 2,12 | 2,88 | 10,27 | 21,78 | 29,58 | 5,34 | 0,1 |

m - teor de materiais secos (m=a+p); a – água; c – cimento; p – pedra.

Para a moldagem dos corpos de prova foram utilizadas fôrmas cilíndricas de 10 x 20 cm, sendo essas metálicas, que visam à redução de perdas da pasta de cimento e de variabilidade dimensional. Após moldados e devidamente vibrados na mesa vibratória, os corpos de prova foram identificados, perfazendo um total de 28 corpos de prova. Em 24 horas, os mesmos puderam ser desmoldados e posteriormente dispostos em câmara úmida até completar a idade dos ensaios.

Para analisar se os dados obtidos na pesquisa são estatisticamente iguais ou diferentes, foi utilizado o teste de Tukey, que é um teste de comparação de média que consiste na construção de intervalos de confiança para todos os pares de médias, de tal forma que o conjunto de todos os intervalos tenha um determinado grau de confiança.

Para o ensaio de resistência à compressão uniaxial foi utilizada a NBR 5739/2007, que prescreve um método pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Análise química do efluente

A qualidade da água de amassamento desenvolve um papel importante na produção do concreto: impurezas contidas na água podem influenciar negativamente a resistência do concreto, causar manchas na superfície concretada e desenvolver um processo de corrosão da armadura (NEVILLE, 1997).

Em vista disso, para a análise química foram realizados os ensaios mostrados a seguir na Tab. 2.

Tabela 2. Resultados dos ensaios químicos do efluente tratado

| Ensaios | Efluente Tratado |
|---|---|
| Coliformes Totais (NMP/100mL) | $1,3 \times 10^{1}$ |
| Cloretos (mg/L) | 11,44 |
| D.B.O (5 dias) (mg/L) | 104,33 |
| D.Q.O (mg/L) | 231,62 |
| Dureza Total (mg/L) | 20,81 |
| PH | 5,46 |
| Sulfatos (mg/L) | 158,99 |
| Sólidos Suspensos (mg/L) | 72,0 |
| Surfactantes (mg/L) | 2,92 |

Analisando as resultados segundo a NBR 15900-1/2009, pode-se constatar que:

- o teor máximo de cloreto permitido para concreto simples (sem armadura) é de 4500 mg/L, portanto, obteve-se como resultado 11,44 mg/L;
- o teor de sulfato não deve exceder 2000 mg/L, o efluente tratado apresentou 158,99 mg/L;
- o pH do efluente tratado foi de 5,46 satisfazendo o limite que é pH ≥ 5.

### 3.2 Resistência à compressão uniaxial

A resistência à compressão uniaxial é a propriedade utilizada para relacionar a capacidade de um elemento em resistir a esforços sem entrar em colapso. A seguir na Tab.3, médias da resistência à compressão obtidas através da média aritmética e desvio padrão.

Tabela 3 - Resultados médios do ensaio de resistência à compressão uniaxial aos 28 dias

| Substituições | Resistência à compressão uniaxial média (MPa) | Coeficiente de variação (%) | Desvio Padrão (MPa) |
|---|---|---|---|
| Água Potável | 24,21 | 3,68 | 0,89 |
| Efluente Tratado | 21,41 | 5,85 | 1,25 |

Conforme a Tab. 3, pode-se observar que a resistência à compressão uniaxial média na substituição de Efluente Tratado obteve um decréscimo de 11,56%, respectivamente, quando comparado à substituição de referência, ou seja, Água Potável.

No gráfico da Fig. 1, mostra-se o resultado da influência de substituição de Efluente Tratado sobre a resistência à compressão uniaxial dos concretos.

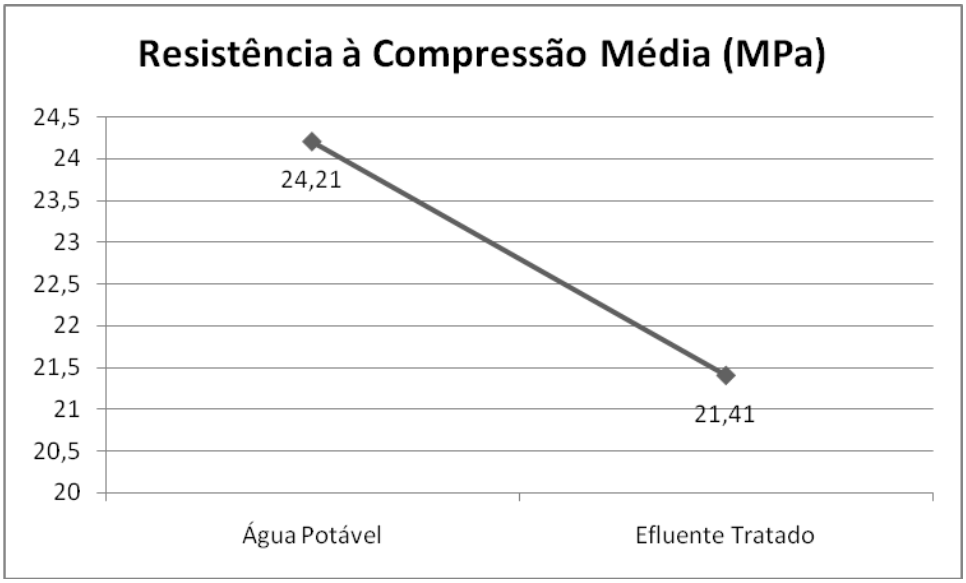



Figura 1 - Efeitos das substituições de Efluente Tratado em comparação a Água Potável na compressão uniaxial.

Na Fig. 1, constata-se que houve um decréscimo significativo na resistência à compressão uniaxial entre a substituição de referência 0% com 24,21 MPa, e a substituição de Efluente Tratado com 21,41 MPa, respectivamente.

Analisando o teste de Tukey que avalia a diferença significativa entre duas médias de tratamento, mostrando se os dados obtidos na pesquisa são estatisticamente iguais ou diferentes e atestando que um teor pode ser substituído por outro sem perder suas características. O valor de referência que é a Água Potável, é considerado estatisticamente igual ao valor de Efluente Tratado.

## 4. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos na análise química, é possível afirmar que os mesmos respeitam os limites estabelecidos pela NBR 15900-1/2009.

De acordo com Richter (2001), o lodo de ETA é considerado um resíduo composto de água e sólidos suspensos contidos na fonte, acrescidos dos produtos aplicados durante o processo de tratamento de água.

Pode-se justificar a queda da resistência à compressão do Efluente Tratado quando comparado com o valor de referência, a Água Potável, pela presença de sólidos suspensos. O Efluente Tratado apresentou o valor de 72 mg/L, já o valor de referência não possui sólidos suspensos.

Com fundamento no exposto, constata-se que é possível obter concreto de boa qualidade, utilizando-se um efluente de esgoto tratado no lugar de água potável. Seguindo os limites estabelecidos pela NBR 15900-1/2009, normas técnicas de água para amassamento do concreto.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.* Rio de Janeiro, 1998

_____. *NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.* Rio de Janeiro, 2007.

_____. *NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos*. Rio de Janeiro, 2009.

DA SILVA, Jorge L. M. *Utilização de esgoto tratado em sistema de lagoas de estabilização como água de amassamento e cura de concreto.* Fortaleza, 2008.

HELENE, P.; TERZIAN, P. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto.* São Paulo: PINI, 1992.

NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto.* Tradução de Salvador E. Giammusso. 2 ed. São Paulo: PINI, 1997. 828 p.

OLIVEIRA, Denise D. N.; ALMEIDA, Edna S.; CARDOSO, Larissa S. P. *Estudo do uso de esgoto tratado por ETE biológica na fabricação de blocos de concreto para alvenaria de vedação.* V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte, 2014.

RICHTER, C. A. *Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água.* Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 2001. 102 p.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARDONO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL NO CONCRETO CONVENCIONAL

**Andressa Panizzon**
**Francine Padilha**
URI Erechim, RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil
andypanizzon@gmail.com; francine.padilha1609@gmail.com

**Cristina Vitorino da Silva**
**Daiane de Sena Brisotto**
URI Erechim, RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil
cristina@uricer.edu.br; daiabrisotto@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Na construção civil é comum encontrar obras que necessitam de reparos e manutenções. Na busca por concretos com melhores qualidades, surgiram os concretos de terceira geração, que é a adição de nanomaterias no concreto. Considerado como uma das maiores descobertas da Nanotecnologia, o nanotubo de carbono (NTC) é o material de maior resistência mecânica conhecido. Visando a obtenção de um concreto mais resistente e com isso diminuindo custos com manutenção e reparos, a pesquisa teve como objetivo avaliar a adição NTCs no concreto convencional, através da resistência mecânica a compressão. Foram realizados dois traços de concreto, um de referência (Ref.), sem adição de NTC, e outro com adição de 0,3% de nanotudos (0,3% NTC AM). Foram moldados corpos de prova (cp's) cilíndricos produzidos com CP V- ARI, os quais passaram por um processo de cura de 28 dias e submetidos aos ensaios de compressão unixial e tração na compressão diametral. Após foi realizado a análise dos resultados, onde foi possível observar que os cp's com adição tiveram uma piora na resistência a compressão em relação ao concreto de referência e uma melhora em relação à tração por compressão diametral.*

***Palavras chave:*** *concreto, NTC, resistência.*

## 1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos o concreto tornou-se um material indispensável na construção civil, sendo assim o material de construção mais utilizado no mundo. As principais razões para o aumento do consumo desse material seriam o bom desempenho em relação à resistência mecânica, a ampla disponibilidade de matérias primas, bom custo benefício e a facilidade para a obtenção de elementos com diferentes formas e tamanhos entre outros (METHA E MONTEIRO, 2008).

A indústria da construção civil nos últimos tempos teve um grande desenvolvimento, principalmente na procura por concretos com melhores qualidades. Onde surgiram os concretos chamados de terceira geração, que são os fabricados com adições de materiais em nano escala (Nano é o prefixo que designa um bilionésimo de metro), como a nano sílica e o nanotubo de carbono (NTC).

Considerado como uma das maiores descobertas da Nanotecnologia, o nanotubo de carbono (NTC) é visto como o material de maior resistência mecânica conhecido, principalmente pela sua resistência à deformação e à quebra (BATISTON, 2007). Na construção civil, segundo Martins (2008), os nanotubos de carbonos podem ser utilizados deforma satisfatória como adição do cimento. O assunto vem recebendo maior atenção por parte dos estudiosos, em vista, por exemplo, dos elevados gastos com reparação de estruturas.

Segundo Martins (2008), "um concreto mais durável faria com que fossem economizados milhões de reais. A nanotecnologia forneceu uma chave para prevenir as rachaduras resultantes do envelhecimento do material". Tal evolução tem significativa importância se considerando os danos ao concreto, causados por fatores como o calor, o frio e o sal.

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho à compressão e a tração por compressão diametral do concreto convencional fabricado com a adição de nanotubos de carbono, comparando com o comportamento do concreto sem adições.

## 2. NTC

O carbono é um dos elementos mais abundantes existentes na natureza e pode ser encontrado em diversas formas alotrópicas estáveis (Fig. 1), como o diamante, o carbono amorfo, a grafite, o nanotubo de carbono, o fulereno e o grafeno (DRESSELHAUS et al., 2004).

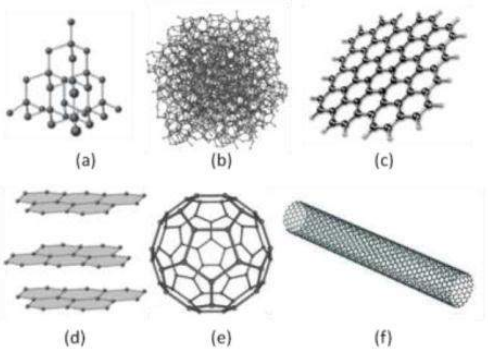



Figura 1 - Representação esquemática de estruturas de diferentes formas de carbono elementar: (a) diamante; (b) carbono desordenado (amorfo); (c) grafeno; (d) grafite (e) fulereno; (f) nanotubo de carbono de parede simples.

Em 1991 foi demonstrado a existência de outra família de elementos de carbono: os nanotubos. Estes possuem uma estrutura formada por uma ou múltiplas folhas de grafeno enroladas de forma concêntrica e cilíndrica (IIJIMA, 1991 apud OSORIO, 2008).

Segundo Batiston (2007), dois tipos de nanotubos podem ser sintetizados: os nanotubos de parede simples, (SWNT – Single-wallnanotubes), e os de paredes múltiplas, (MWNT – Multi-wallnanotubes), que são formados pela sobreposição de nanotubos de paredes simples concêntricos. Estes últimos têm síntese mais simples, e possuem um valor comercial inferior aos nanotubos de parede simples, o que os torna atrativos para utilização na produção de materiais compósitos.

Os NTCs apresentam propriedades, tais como:

**a) Propriedades mecânicas:** Os nanotubos de carbono são caracterizados por apresentarem elevada resistência e rigidez na direção axial e extraordinária flexibilidade na direção transversal. O módulo de elasticidade nos NTCs de melhor qualidade atinge valores na ordem de 1 TPa, sendo cerca de 5 vezes superior ao do aço (KONSTA-GDOUTOS et al., 2010).

**b) Propriedades térmicas:** Devido à condutividade térmica do diamante e da grafite serem extremamente altas, a condutividade térmica dos nanotubos de carbono ao longo do eixo do tubo pode ser uma das mais elevadas quando comparada com outros materiais (LIMA et al., 2017).

**c) Propriedades elétricas:** As propriedades elétricas dos NTCs dependem diretamente do seu diâmetro e quiralidade, uma vez que a forma de enrolar uma folha de grafeno tem grande influência na posição das bandas de valência e condução do material (DRESSELHAUS et al., 2004).

Segundo Sobolev et al. (2008), quando se alteram as dimensões de um material do tamanho macro para o nano, acontecem alterações consideráveis na sua condutividade elétrica, absorção ótica, reatividade química e propriedades mecânicas. Com a redução no tamanho, uma maior quantidade de átomos localizam-se na superfície das partículas, implicando em uma mudança considerável na energia e morfologia desta superfície. Como resultado, todos esses fatores alteram as propriedades básicas e a reatividade química dos nanomateriais.

Para a obtenção de bons resultados na utilização de NTC, é necessária a boa homogeneização da mistura, a fim de se obter uma correta dispersão desse material por todo o produto final. Os primeiros problemas que surgiram na adição de nanotubos de carbono em matrizes cimentíceas foram os de aderência entre esse material e a pasta de cimento, bem como as dificuldades de dispersão dos mesmos. Os nanotubos tendem a se aglutinarem e a expelir as moléculas de água, formando pontos frágeis e aumentando a porosidade do material (MELO et al., 2010).

Com o intuito de solucionar o problema de dispersão dos NTCs, algumas técnicas são realizadas, como por exemplo, tratamentos superficiais com ácidos, chamado de funcionalização, e também o uso de tensoativos. O objetivo seria melhorar a interação entre a água e os NTCs, uma vez que estes são hidrofóbicos (VAISMAN et al., 2006).

### 2.1 Estudos da utilização de NTCs

Borba et al. (2013) estudou o uso de NTCs na confecção de argamassas de reparo e analisou o seu efeito nas propriedades mecânicas e absorção de água. Foram dosados em laboratório dois tipos de argamassa de reforço: uma contendo 0,3% de MWNT em relação à massa de cimento, e uma de referência, ou seja, sem adição. Ambas com a mesma trabalhabilidade e relação água/cimento. Os ensaios demonstram uma diferença não significativa na resistência à compressão e à tração por compressão diametral das argamassas com adições de NTCs, em relação às argamassas de referência. Isto demonstra que a adição não alterou as propriedades mecânicas das argamassas de reparo. O autor

concluiu que a dispersão dos NTCs pode ter sido a causa do resultado esperado, pois foi possível detectar a aglutinação dos NTCs pela diferença de coloração nos CP's (corpos de provas). Isso pode ter sido causado pela baixa relação água/cimento necessária em argamassas de reparo.

Makar e Beaudoin (2003) e Marshall et al. (2006) verificaram a possibilidade dos NTCs influenciarem no controle da fissuração do concreto. Os referidos autores relatam que os nanotubos têm influência no controle da fissuração, pois distribuem-se de forma melhor do que as fibras usadas comumente como reforço. A propagação de fissuras é interrompida de modo muito mais rápido em uma matriz contendo nanotubos, fazendo com que as fissuras geradas apresentem aberturas menores. Sendo assim, os autores esperam que os reforços com NTC produzam compósitos mais resistentes e rígidos do que os materiais tradicionais usados para tal finalidade.

Li et al. (2005) referem-se em seus estudos que a resistência à compressão e à flexão também podem ser aumentadas com a adição de NTCs na matriz de cimento. Ao compararem argamassas com fibras de carbono não tratadas e argamassas com 0,5% de nanotubos tratados (diâmetro externo de 10 a 30 nm), verificaram que a resistência à compressão aumentou em torno de 19%, enquanto a resistência à flexão cerca de 25% para as amostras com NTCs tratados. Segundo os autores, o aumento nas propriedades mecânicas se deve aos fatores de ocorrência da interação interfacial entre os nanotubos e o cimento e também ao efeito de ligação dos nanotubos pois estes agem como verdadeiras 'pontes' que atravessam fissuras e vazios, garantindo a transferência de tensões entre as fissuras.

Batiston (2007) estudou três tipos diferentes de nanotubos tratados: tipo 1 (diâmetro externo de 40 a 60 nm), tipo 2 (diâmetro externo de 40 a 70 nm) e tipo 3 (diâmetro externo de 240 a 500 nm). Além de variar os tipos, o referido autor avaliou diferentes teores de NTCs adicionados a matriz de cimento (0,25% e 0,50%). Para o teor de 0,50%, obteve-se, para os tipos 1, 2 e 3, ganhos na resistência à compressão de 8%, 20% e 25%, respectivamente. Quanto à flexão, ele conseguiu um aumento na resistência de 5% para a amostra com teor de 0,50% e nanotubos tipo 2.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi baseada em ensaios laboratoriais realizados no LAPATEC - Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas, na URI – Campus de Erechim.

Para alcançar o objetivo geral, de avaliar o comportamento do concreto na resistência à compressão e a tração na compressão diametral com e sem adição de NTCs, foram moldados corpos de prova cilíndricos de dimensões de 20cm de altura e 10cm de diâmetro, onde os mesmo foram submetidos a procedimento de cura por 28 dias e após, foram submetidos ao ensaio para determinação da propriedade mecânica de resistência à compressão uniaxial, conforme NBR 5739(ABNT, 2007) e resistência à tração na compressão diametral conforme NBR 7222 (ABNT, 2011).

### 3.1 Dosagem do concreto

Na confecção do concreto foi empregado o cimento Portland CP V – ARI, com resistência fck≥30Mpa. Suas propriedades atendem desde estruturas em concreto armado até argamassas de assentamento e revestimento, concreto massa e concreto para pavimentos. O CP V- ARI é um cimento de alta resistência inicial que contém adição de até 5% de fíller calcário. Como agregado miúdo foi utilizada a areia média fina, a brita utilizada tem origem basáltica. Os ensaios de caracterização foram desenvolvidos no laboratório de materiais da própria universidade, seguindo as normas da ABNT.

Para o estudo foram moldados 4 corpos de prova para cada traço: referência (Ref.) e adição de 0,3% de nanotubos (0,3% NTC AM). O concreto foi dosado de acordo com o método IPT/EPUSP, descrito por Helene e Terzian (1992). Segue Tabela 1 com os dados da dosagem experimental.

Tabela 1: Dosagem experimental

| QUANTIDADE DE MATERIAL PARA CADA TRAÇO | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a/c | m | Consumo cimento (kg/m³) | α | TRAÇO UNITÁRIO | | | QUANTIDADE DE MATERIAL (kg) | | | | Volume Concr. (m³) | Adit. 0,1% | NTC 0,3% |
| | | | | c | a | p | c | a | b | água | | | |
| 0,45 | 4,63 | 398,39 | 0,54 | 1 | 2,04 | 2,59 | 20,87 | 42,56 | 54,04 | 9,477 | 0,0524 | 0,021 | 0,063 |

### 3.2 Modelagem dos corpos de prova

A moldagem dos CP's foi feita de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015). Para o ensaio de compressão uniaxial, foi utilizado corpos de prova confeccionados em formas cilíndricas, com dimensões de 10 x 20 cm, conforme Fig. 2.

A concretagem se deu através das seguintes etapas:

**1º-** Pesagem dos materiais, Fig. 3;

**2º-** Mistura dos NTCs, parte da água e aditivo em um becker, após foi submetido a mistura por 3 minutos em um agitador mecânico, Fig. 4;

**3º-** Após imprimada a betoneira foi inserida a brita e parte da água de amassamento;
**4º-** Inserido cimento;
**5º-** Adição da mistura contendo NTCs;
**6º-** Inserida a areia e o restante da água de amassamento.

Figura 2: CPs

Figura 3: pesagem do material

Figura 4: Agitação mecânica

Após a mistura de todos os materiais, foi analisada a consistência dos concretos, expressa pela medida do teste de abatimento de tronco de cone (Slump). Foi fixado no presente estudo em 100±20mm, segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998). Onde o concreto de referência obteve 90mm e o com adição foi de 80mm.

Após a mistura dos materiais na betoneira, os CP's foram moldados em uma camada. O adensamento foi realizado na mesa vibratória. Após 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e submetidos ao processo de cura durante 28 dias em câmara úmida.

## 4. ENSAIOS E RESULTADOS

Após os 28 dias de cura foram realizados os ensaios de compressão uniaxial e tração por compressão diametral dos corpos de prova para verificar as resistências alcançadas. Para estes ensaios utilizou-se uma prensa hidráulica EMIC com carga máxima de 2000 KN, Fig. 5. Os ensaios também foram realizados de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), como indica a Fig. 6.

Figura 5: Prensa hidráulica

Figura 6: Cp após o ensaio de compressão

Os resultados dos ensaios de cada traço, foram analisados estatisticamente através do software STATISTICA versão 13.0 (One Way ANOVA). Também foi utilizado o Teste de Fisher (ferramenta do ANOVA) para uma maior confiabilidade nos resultados. Os resultados são apresentados a seguir nas Fig. 7 e 8.

### 4.1 Resistência à compressão

O gráfico da Figura 7 indica que a adição dos nanotubos de carbono através do processo de agitação mecânica levou a uma redução de resistência à compressão do concreto. O concreto de referência apresentou um valor de resistência de 46,82 MPa, enquanto que para o concreto com adição este valor ficou em cerca de 43,82 MPa. No entanto através do teste de Fisher, o qual faz uma comparação média entre os grupos de forma a verificar diferentes estatísticas significativas entre os mesmos, observa-se que a diferença entre os valores de resistência à compressão para as amostras

analisadas foi insignificante, ou seja, a amostra com 0,3% NTC e agitação mecânica apresentou uma redução na resistência de 6,4%.

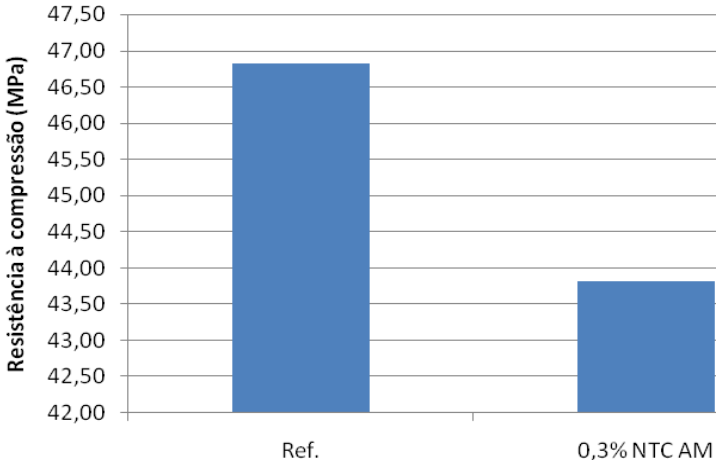



Figura 7: Resultado do ensaio de compressão uniaxial

### 4.2 Resistência à tração por compressão diametral

O gráfico da Figura 8 mostra a média dos resultados do ensaio de tração por compressão diametral do concreto, onde foi possível observar que o concreto de referência obteve 4,20 MPa e o concreto com adição de NTCs 4,82 MPa, que corresponde à um aumento no valor desta propriedade de 14,3% em relação ao concreto de referência (significante estatisticamente).

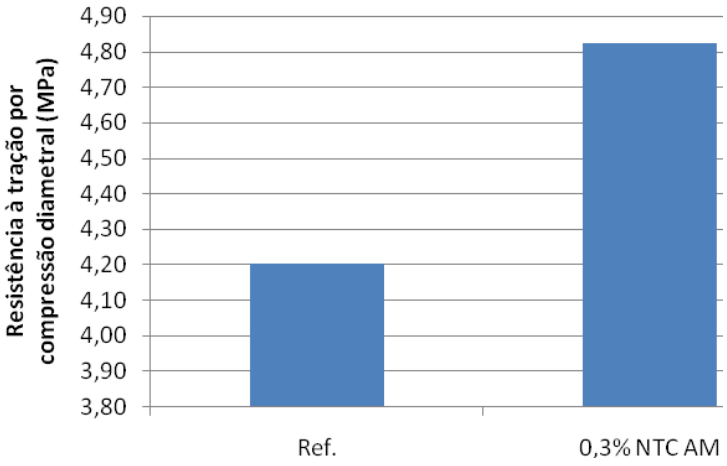



Figura 8: Resultado do ensaio de tração na compressão diametral

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de avaliar a influência da adição de nanotubos de carbono na resistência a compressão no concreto convencional foi realizado o ensaio de compressão uniaxial e de tração por compressão diametral, além da análise estatística dos dados. Foi possível observar que a adição de NTCs não apresentou melhora na propriedade de resistência à compressão, mas sim na resistência à tração por compressão diametral.

Estima-se que a principal causa para não ter obtido bom resultado no ensaio de compressão uniaxial, foi o processo de dispersão mecânica, pois esse pode levar a fragilização da matriz do concreto em função de pontos com aglutinações de NTCs, o que explicaria tal situação. Li et al., (2005) e Batiston, (2007) relataram em suas pesquisas que para se ter resultados significativos com a incorporação dos NTCs em matrizes cimentíceas deve ser garantida uma homogênea dispersão dos NTCs na matriz de cimento, já que devido à significativa área superficial e hidrofobicidade dos nanotubos ocorre a aglutinação dos mesmos, prejudicando a distribuição homogênea e o desempenho nas matrizes cimentíceas. A qualidade da ancoragem dos NTC na matriz de cimento influência na eficiência das transferências de tensão e na melhoria das características dos materiais compósitos. Na propriedade de resistência à tração por compressão diametral

se obteve uma melhora importante, levando em consideração que a resistência à tração é o ponto mais frágil do concreto.

Esta pesquisa buscou avaliar a viabilidade do uso de nanotubos de carbono como adição ao concreto, visando à obtenção de um produto com maior resistência e durabilidade, o que pode levar ao menor custo em reparo e manutenção de obras. Porém, como o resultado da pesquisa não foi positivo em uma das propriedades, se observa a necessidade de mais estudos na área, principalmente relacionados à dispersão do material na mistura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____ NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____ NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____ NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BATISTON, E. R. Estudo exploratório dos efeitos de nanotubos de carbono em matrizes de cimento Portland. Florianópolis, 2007, 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

BORBA, A. P. B.; MATSUNAGA, A. S.; FRANCZAK, L. R. "Uso de nanotubos de carbono na confeção de argamassas de reparo: efeito nas propriedades mecânicas e absorção de água". Curitiba, 2013. Trabalho final de curso em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

DRESSELHAUS M. S.; DRESSELHAUS G.; JORIO A. Unusual properties and structure of carbon nanotubes. Annual Review of Materials Research, v. 34, p.247, 2004. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.matsci.34.040203.114607> Acesso em: 15 junho 2017.

HELENE, P.; TERZIAN, P. R. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: PINI, 1992. 350 p.

KONSTA-GDOUTOS, M. S.; ZOI S. M.; SURENDRA, P. S. Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials. [S.l.] 2010. Cement and Concrete Research, v. 40, n. 7, p. 1052-1059.

LI, G. Y.; WANG, P. M.; ZHAO, X. Mechanical behavior and microstructure of cement composites incorporating surface-treated multi-walled carbon nanotubos Carbon. n. 43, p. 1239-1245, 2005. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 10 abril 2017.

LIMA Y.; SILVA J.; SILVA G. Potencial dos Nanotubos de Carbono no Setor da Construção Civil. Maio 2017. Ciências exatas e tecnológicas, Maceió, v. 4, n. 1, p. 211-222.

MAKAR, J.; BEAUDOIN, J.J. Carbon Nanotubes and Their Application in the Construction Industry. International Symposium on Nanotechnology in Construction, Paisley. Scotland. pág. 331-341, 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061810002953>Acessoem: 5 junho 2017.

MARTINS, P. B. M. Influência da granulometria do agregado miúdo na trabalhabilidade do concreto. Feira de Santana 2008. Monografia (Graduado em Engenharia Civil), Departamento de Tecnologia - Universidade Estadual de Feira de Santana.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais – São Paulo: IBRACON, 2008.

MELO, V.; CALIXTO J. M.; LADEIRA L. O.; SILVA A. P.; OLIVEIRA S. Desempenho de argamssas de cimento Portland, contendo nanotubos de carbono e aditivo de melanina, 2011. Construindo, Belo Horizonte, v.3, n.2, p.21-26. Universidade Federal de Minas Gerais.

OSORIO, A. G. Funcionalização de nanotubos de carbono e sua utilização como reforço em matrix de hidroxiapatita. Porto Alegre, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOBOLEV, K.; FLORES, I.; HERMOSILLO, R.; TORRES-MARTÍNEZ, L. M. Nanomaterials and nanotechnology for high-performance cement composites. In: SOBOLEV, K. e SHAH, S. P. (Ed.). Nanotechnology of concrete: recent developments and future perspectives. United States of America: American Concrete Institute. 2008, SP-254, p. 93-120.

VAISMAN L.; WAGNER, H.D.; MAROM, G. The Role of Surfactants in Dispersion of Carbon Nanotubes Adv. Colloid Interface Sci. pág. 128-130. 2006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001868606002065> Acesso em: 7 junho 2017.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores declaram-se os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA E MICROESTRURA DO CIMENTO SUPERSULFATADO COM ADIÇÃO DE LODO DE ETA

**Elisandro Alexandre**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PPGTP – Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos.
eng.elisandroalexandre@gmail.com

**Andreza Frare**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PPGEC – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
frareandreza@gmail.com

**Caroline Angulski da Luz**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PPGEC – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
angulski@utfpr.edu.br

**Resumo.** O desenvolvimento de cimentos alternativos produzidos a partir de resíduos tem aumentado visto da necessidade de destinação ambientalmente correta de alguns resíduos. O presente trabalho avaliou a substituição parcial do cimento supersulfatado (CSS) produzido a partir de escória de alto-forno por lodo oriundo do tratamento de água para consumo humano. O cimento CSS foi substituído parcialmente por lodo de Estação de Tratamento de Água (LETA) na proporção de 10% em pasta, após a amostra passou pelo processo de cura em temperatura ambiente de 23ºC até alcançar a idade de 28 dias, sendo após, avaliado a resistência mecânica e os compostos hidratados. Os resultados do teste de resistência mecânica mostram que a substituição parcial do cimento CSS, pelo LETA reduziu significativamente a capacidade de resistência mecânica quando comparado com o cimento referência para a idade de 7 dias e 28 dias.

***Palavras-Chave**: Cimento supersulfatado, Lodo de ETA, Resistência Mecânica.*

## 1. INTRODUÇÃO

O emprego de cimentos alternativos na construção civil vem corroborar com a redução de impactos ambientais, já que na fabricação do cimento Portland que é o mais utilizado pelo setor, é lançado grandes taxas de dióxido de carbono ($CO_2$) para a atmosfera. Os cimentos conhecidos como supersulfatados (CSS) são um exemplo de cimentos alternativos ao Portland (GRUSKOVNJAK, A. et al., 2008).

Os cimentos supersulfatados são produzidos quase que totalmente a partir de materiais de resíduos, o que é uma vantagem se for avaliado o aspecto ambiental. Quando comparado com cimento Portland (CP) ou com cimento de alto forno (CP III), os CSS usam menos clínquer e mais escória e sulfato de cálcio em sua composição. (BUTH, et al., 2015).

Segundo Juenger *et al.* (2011), os cimentos supersulfatados (CSS) vem atraindo atenção pelo alto potencial para aplicações industriais, em virtude de preocupações ambientais, e também do seu baixo calor de hidratação e boa durabilidade em ambientes quimicamente agressivos, onde há presença de sulfatos, por exemplo, aguas do mar.

O cimento supersulfatado é constituído por uma mistura de escória de alto forno granulada (até 90%), sulfato de cálcio (até 20%) e uma pequena quantidade de um ativador alcalino (até 5%). Reagentes álcalis como o hidróxido de cálcio ou de potássio, até mesmo o cimento Portland, podem ser exemplos de ativadores alcalinos utilizados nesse processo (GRUSKOVNJAK, A. et al., 2008)

Como fonte de sulfato de cálcio, pode-se utilizar o fosfogesso, resíduo proveniente da produção de fertilizante (SCHAEFER, 2013).

Outo resíduo que vem sendo assunto de vários debates é o lodo gerado nas estações de tratamento de água (ETAs) durante a potabilização da água. O lodo de ETA é caracterizado como sendo um material de resíduo não biodegradável, rico em minerais de silicatos e matéria orgânica, incorporado pelos produtos resultantes das substâncias químicas adicionadas na água bruta durante o processo de tratamento. (RODRIGUES; HOLANDA, 2013).

No Brasil existem aproximadamente 7.500 ETAS, sendo que a maioria opera no sistema convencional, o qual contempla as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. A grande parte destas ETAS lança o seu resíduo no manancial hídrico comprometendo a qualidade ambiental do meio (RODRIGUES; HOLANDA, 2013).

O lodo de ETA por ser um material rico em minerais de silicatos vem sendo muito estudado pelo setor da construção civil, resultando na incorporação do mesmo no setor e como consequência uma opção de destino final para este material (RODRIGUES; HOLANDA, 2013).

Objetivando apresentar um destino ambientalmente correto a este resíduo, bem como avaliar o desempenho nos testes de resistência mecânica das pastas obtidas, foi adicionado parcialmente no cimento supersulfatado 10% de lodo de ETA.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

O lodo estudado foi coletado na unidade de decantação de uma ETA do Sudoeste do Estado do Paraná. A composição química do lodo de ETA foi realizada através da análise de fluorescência de raios X (FRX) (tabela 1). Nota-se a alta presença de alumina ($Al_2O_3$), sílica ($SiO_2$) e hematita ($Fe_2O_3$).

O lodo de ETA passou pelo processo de secagem em estufa por 24 horas a uma temperatura controlada de 105 °C, esse processo ocorreu em decorrência da alta umidade deste material (aproximadamente 95% de umidade). Com a amostra totalmente seca, utilizou-se o moinho de bolas *(Modelo CT 242, Marca Servitech)* por aproximadamente 2 horas para triturar homogeneamente o lodo.

A composição química da escória de alto-forno está apresentada na tabela 1. Nota-se a alta presença de óxido de cálcio (CaO) e sílica ($SiO_2$), teores menores de alumina ($Al_2O_3$) e óxido de magnésio (MgO).

A escória foi seca em estufa por 24h à 105 $^0$C, e após triturada por 3h.

O fosfogesso utilizado no trabalho passou por um processo de calcinação de 1 hora por 350 $^0$C.

A finura e peso específico dos materiais são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Composição química dos materiais.

| | $Al_2O_3$ (%) | $SiO_2$ (%) | $Fe_2O_3$ (%) | $TiO_2$ (%) | CaO (%) | $P_2O_5$ (%) | MgO (%) | $SO_3$ (%) | MnO (%) | $K_2O$ (%) | $Na_2O$ (%) | ρ(g/cm$^3$) | (cm$^2$/g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Lodo ETA** | 25,8 | 24,2 | 19,3 | 2,9 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | < 0,1 | 2,1 | 12.820,4 |
| **Escória** | 8,9 | 34,5 | 0,6 | 0,5 | 47,5 | <0,1 | 4,3 | 1,6 | 0,9 | 0,4 | 0,1 | 2,9 | 4.677,2 |
| **Fosfogesso** | 0,3 | 1,0 | 0,2 | - | 38,5 | - | 0,2 | 46,8 | <0,1 | 0,1 | - | 3,5 | 8470,0 |

Através da técnica de difração de raios X (DRX), obteve-se o difratograma (figura 1) do lodo de ETA, fosfogesso e da escória empregados no trabalho. Foram identificados picos de difração característicos das fases cristalinas referentes a caulinita ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$), sílica ($SiO_2$) e gipsita ($Al(OH)_3$) para o lodo. Já a escória de alto forno, não apresenta picos característicos de cristalinidade.

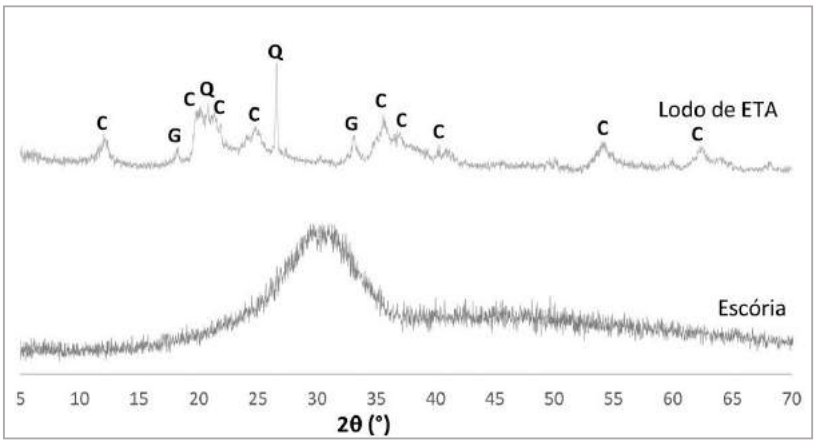



Figura 1. Difratograma dos materiais. Q: Quartzo; C: Caulinita; G: Gipsita e M: Moscovita.

## 2.2 Métodos

2.2.1 Composição das Pastas

O traço utilizado para a produção das pastas está disposto na tabela 2

Tabela 2. Composições das pastas.

| | CSS REF | CSS EB + 10% LETA |
|---|---|---|
| **Escória** | 85,5% | 75,5% |
| **Lodo de ETA** | 0% | 10% |
| **Fofogesso** | 9,5% | 9,5% |
| **Ativador CP V** | 5% | 5% |
| **Água** | 40% | 40% |

As pastas foram preparadas através de uma mistura manual dos materiais, por 60 segundos. Colocados em moldes cilíndricos (25x40mm) e dispostas em cura úmida à 95% de umidade em temperatura controlada de 23ºC para que obtivessem a pega.

2.2.2 Avaliação da Resistência Mecânica das pastas

Os ensaios de resitência mecânica foram realizados nas idades de 7 e 28 dias. Utilizou-se a prensa da marca EMIC (DL-30000, EMIC, Brasil), disponível no laboratório de materiais da UTFPR – Campus Pato Branco.

2.2.3 Difração de Raios X

Aos 28 dias de cura encerou-se a hidratação das pastas colocando-as submersas em acetos por 2h. Após esse tempo, secou-se o material em bomba a vácuo e em seguida permaneceu 20 minutos na estufa à temperatura de $40^0$C. As amostras foram moídas até o material ser passante na peneira 150mm.

A análise de difração de raios X foi realizada na Central de Análises, localizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Pato Branco. Utilizando o equipamento *Rigaku Mini Flex 600* nas condições de 40 kW e 15 mV.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Resistência Mecânica

Os resultados obtidos nos testes de resistência à compressão estão apresentados na figura 2.

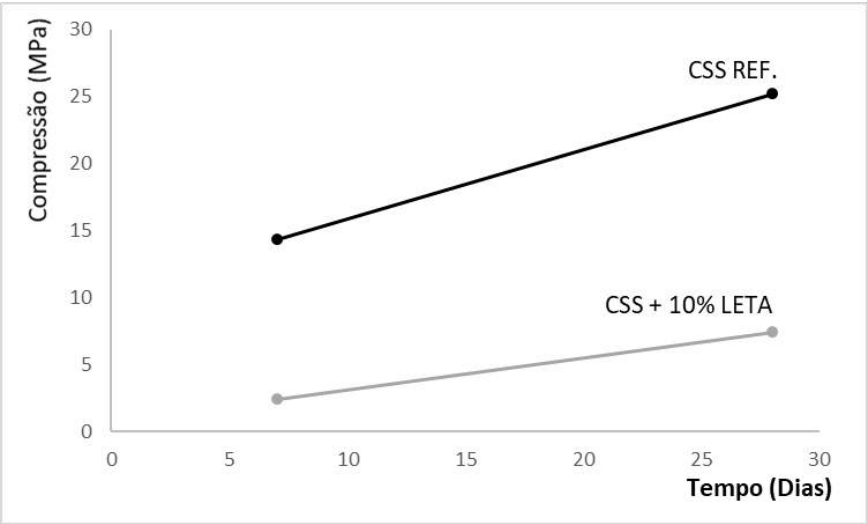



Figura 2. Gráfico de resistência mecânica das pastas CSS REF. E CSS + 10% de lodo de ETA.

Para a idade de 7 dias, o corpo de prova CSS REF apresentou um valor de 14,34 Mpa. Já o corpo de prova CSS + 10% LETA apresentou um valor de 2,41 Mpa.

Ambos os traços, com o decorrer da idade apresentam um aumento na sua resistência mecânica. Com idade de 28 dias os valores chegaram a 25,19 MPa e 7,44 MPa para o CSS REF e o CSS + 10% de LETA, respectivamente.

Apesar do aumento de resistência mecânica com o decorrer da idade, o corpo de prova CSS + 10% de LETA apresentou valores muito inferiores ao CSS REF.

### 3.2 Difração de Raios X

As análise de difração de Raio-X são apresentadas na figura 3.

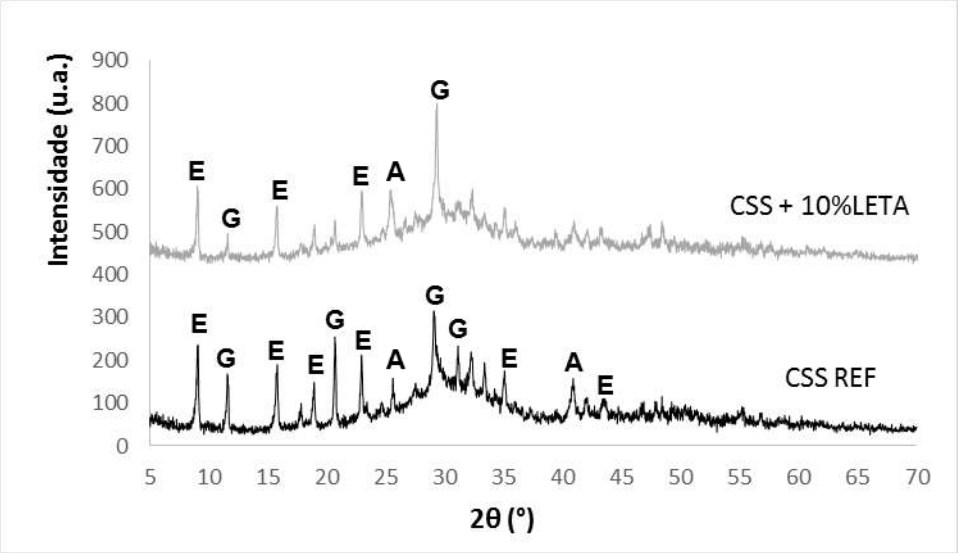



Figura 3. Difração de Raios-X das pastas de CSS REF. E CSS + 10% de lodo de ETA, aos 7 dias. E: Etringita, G: Gipsita, A: Anidrita.

Pode-se o beservar na análise de DRX, que os dois traços apresentaram a formação de etrigita e gipsita. Já para o traço de CSS REF, observa-se maior formação de etrigita e ainda anidrita.

O incremento de lodo na composição do CSS pode ter afetado a dissolução da anidrita, o que explica o baixo desenvolvimento de resistência mecânica.

Segundo Ding et al. (2014), a maior formação de gipsita na hidratação do CSS, é capaz de atrasar o tempo de paga do cimento. E retardar a hidratação do mesmo, o que explica sua baixa resistência.

A maior quantidade de etringita presente no CSS REF, favoreceu o desenvolvimento de resistência à compressão.

## 4. CONCLUSÃO

Analisando os ensaios de DRX e resistência à compressão, conclui-se que a incorporação de lodo de ETA na composição do CSS, retardou a pega do cimento, bem como a formação de etringita e anidrita, o que explica a baixa resistência mecânica do CSS + 10%LETA.

O uso do resíduo de ETA, proporcionou uma dissolução da anidrita formada no CSS REF, o que prejudicou o desenvolvimento da resistência mecânica.

Mais estudos utilizando esse resíduo se seguem afim destinar de forma correta o mesmo.

## 5. REFERÊNCIAS

BUTH, I. S. ; MORAES, M. C. ; BEUTLER, C. S. ; VARELA, M. V. F. ; LUZ, C. A. ; FRARE, A. . The valorisation of acid blast furnace slag (BFS) in supersulfated cements (SSC). In: 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE on Sustainable Solid Waste Management, 2015, Tinos Island. 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE on Sustainable Solid Waste Management, 2015.

DING, S. et al. Properties of Supersulphated Phosphogysum-slag Cement (SSC) Concrete. Journal of Wuhan University of Technology – Mater. 109-113. 2014.

GRUSKOVNJAK, A. et al. "Hydration mechanisms of super sulphated slag cement." Cement and Concrete Research. 983–992. 2008.

JUENGER, M.C.G. et al. Advances in alternative cementitious binders. Cement and Concrete Research. 1232–1243. 2011.

RODRIGUES, Lara Pessin; HOLANDA, Jóse Nilson França de. Influence of the incorporation of water treatment plant (WTP) sludge on the technological properties of soil-cement bricks. Cerâmica, São Paulo, p.551-556, 2013.

SCHAEFER, O. C. Valorização de Fonte alternativa de Sulfato de Cálcio para a produção de argamassas autonivelantes. UFSC, n. Tese de Doutorado, p. 387, 2013a.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COMO SISTEMA DE FÕRMAS DE VIGAS EM EDIFÍCIOS

**Bruna Tres da Silva**
**Marcos Paulo Cielo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
brunatrees@hotmail.com / mapcielo@uricer.edu.br

***Resumo:*** *O sistema construtivo em estudo é constituído de estrutura em concreto armado e alvenaria de vedação, seu diferencial está nas etapas de execução, onde primeiramente são elevadas as alvenarias de vedação e posteriormente são concretados os elementos estruturais como lajes e vigas. As paredes são utilizadas como apoio das vigas, não sendo necessárias fôrmas de fundo e nem seu escoramento, também não havendo uma camada de ligação entre alvenaria e estrutura. Entretanto, torna-se necessário uma avaliação criteriosa de projeto, tanto em relação ao número de pavimentos quanto a características estruturais. A metodologia proposta foi de fazer o acompanhamento de uma obra em execução de um edifício na cidade de Tapejara – RS. Tal atividade foi feita com a intenção de realizar a observação das vantagens e desvantagens do método estudado. Em um segundo momento foi feito uma simulação de um projeto piloto no software Eberick, com a finalidade de fazer a análise das deformações da estrutura, principalmente de seus pontos críticos, ou seja, que apresentam deformações excessivas, onde poderiam provocar sobrecargas nas alvenarias. Como resultado do acompanhamento da obra em execução, se obteve as vantagens, constatando-se através do intervalo de concretagens, que apresentou uma média de 57 dias, redução do risco de queda dos trabalhadores, como também a racionalização e redução de resíduos de madeira. Já as desvantagens foram em relação à possibilidade de manifestações patológicas nas alvenarias e mobilidade no canteiro de obra. A simulação das deformações no software Eberick apresentaram resultados de otimização da estrutura do projeto piloto, quando adotado medidas de redução de deformações, sendo que tais deformações podem implicar em esforços excessivos nas alvenarias e revestimento provocando manifestações patológicas, onde se evidenciou uma maior redução no deslocamento horizontal no eixo Y, que foi de 15,79 %, o coeficiente Gama-Z apresentou uma redução de 0,94% no eixo X, e por fim o processo P- delta que é o deslocamento em relação à ação do vento, teve uma maior redução no eixo X, que foi de 14,58%.*

***Palavras Chave:*** *Concreto armado. Alvenaria de vedação, Vigas. Manifestações patológicas. Deformações.*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o que se destaca no mercado da construção civil é a busca pela racionalização, que leva a redução de perdas nos processos, isso justifica a expansão da alvenaria estrutural e a evolução dos métodos construtivos. Além de as alvenarias de vedação ter função principal de vedar e dividir ambientes, isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água, e segurança contra incêndio, estas também têm sido utilizadas como apoio de vigas antes de sua concretagem.

Na NBR 8545 (ABNT 1984), que estabelece os requisitos para execução de alvenaria sem função estrutural, não consta nenhum caso em que pode ser dispensado o encunhamento. Esta norma ainda especifica que "para obras com estrutura de concreto armado a alvenaria deve ser interrompida abaixo das vigas ou lajes. Este espaço deve ser preenchido após 7 dias de modo a garantir o perfeito travamento entre alvenaria e estrutura."

No entanto, o método exposto tem se inserido no mercado da construção civil, por oferecer racionalização e otimização dos processos, principalmente pela redução de mão de obra para montagem de fôrmas e escoramento de fundo de vigas, como também a diminuição do consumo de madeira.

Em relação ao dimensionamento estrutural, o mesmo é realizado de forma computacional por um processo de análise de um pórtico vazado (sem a utilização da alvenaria de vedação). É na etapa construtiva que as construtoras tomam por decisão utilizar as alvenarias antes da concretagem dos pavimentos.

O projeto estrutural para edificações consiste basicamente no pré-dimensionamento dos elementos estruturais (lajes, vigas, pilares e fundações), análise dos deslocamentos e esforços solicitantes da estrutura, dimensionamento e detalhamento das armaduras (FREITAS et al. 2014).

O sistema que irá ser analisado neste trabalho propõe a execução de edificações utilizando a alvenaria de vedação sem função estrutural, ou seja, sem função de absorver as deformações impostas pela estrutura, como apoio de vigas e

laje, dispensando a ligação superior entre alvenaria e estrutura, denominado encunhamento. O processo se desenvolve inicialmente com a execução dos pilares no pavimento, a elevação das alvenarias e após é feita a concretagem das vigas, utilizando o processo semelhante à concretagem das cintas de amarração nas alvenarias estruturais (SPEROTTO, 2009).

## 2. METODOLOGIA

A metodologia proposta teve inicio com a pesquisa bibliográfica, onde se utilizou materiais já publicados em artigos, monografias e normas, de modo a se aprimorar das bases teóricas para a condução do trabalho, logo, para se fazer a observação das vantagens e desvantagens do método construtivo estudado, foi realizado o acompanhamento de uma obra em execução, posteriormente foi feito um projeto modelo, o qual foi utilizado para fazer a simulação de suas deformações pelo software Eberick.

### 2.1 Obra em execução acompanhada

O Empreendimento residencial encontra-se em fase de execução, seu projeto apresenta onze pavimentos, sendo três de garagem, um de sala comercial e sete com três apartamentos cada, totalizando vinte e um apartamentos de dois e três dormitórios, edifício retangular com dimensões de 24,57 × 21,57 metros, localizado na cidade de Tapejara – RS. A Figura 1 apresenta o edifício em execução.

Figura 1. Residencial Noblesse em execução

### 2.2 Características e lançamento do projeto modelo no Eberick

Para a realização da simulação das deformações no software Eberick, inicialmente foi realizado um projeto arquitetônico, o qual possui quarto pavimentos, sendo um pavimento térreo e três pavimentos tipos, tendo uso residencial. O lançamento do projeto se inicia pela definição das alturas dos pavimentos, assim já sendo gerados os níveis da estrutura, que servirão como base para o lançamento estrutural. O qual parte da definição das dimensões dos pilares, onde informa-se ao programa as suas seções, sendo adotado 20 x 40 cm e 20 x 50 cm.

Após, continua-se com o lançamento das vigas, fazendo definição também de seções e cargas de paredes que podem estar atuando sobre elas, o tamanho adotado foi de 15 x 40 cm para todas as vigas, e suas vinculações podem ser bi apoiadas, engastadas ou em balanço. Para o lançamento das lajes é necessário informar o tipo de laje, como também as cargas acidentais estabelecidas pela NBR 6118 (ABNT 2014). Salienta-se que neste caso definiu-se laje pré-moldada e uso residencial, respectivamente.

Logo, se faz o lançamento de carregamentos, que podem ser cargas pontuais, cargas por áreas ou cargas lineares, fazendo as suas vinculações com engastamento ou rótulas entre vigas. Ao ser feito esses lançamentos para um pavimento, em razão dos pavimentos serem tipos, seu croqui pode ser copiado para os outros, não sendo necessário repetir o processo. Assim, finalmente, pode ser copiado para o térreo e finalizar convertendo-se os pilares para as fundações. O próximo elemento a ser lançado é a escada, devendo ser definido o seu nível intermediário, fazer o lançamento dos patamares e lances. Como ela se repete em todos os pavimentos pode ser copiada para os mesmos. Após o lançamento de toda estrutura o programa gera o pórtico 3D, que pode ser visualizado na Figura 2.

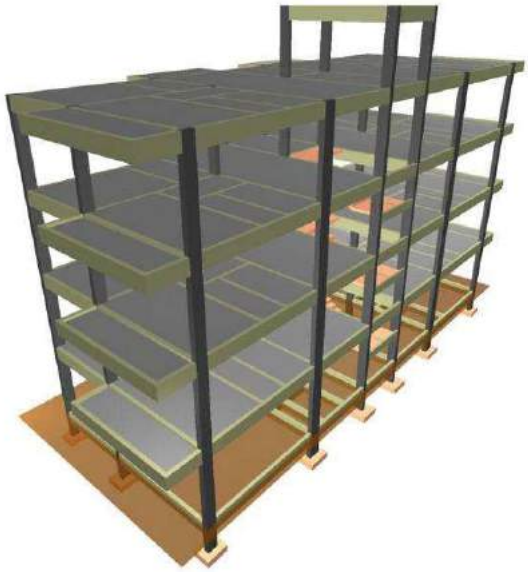


Figura 2. Pórtico 3D do modelo estrutural

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na sequência serão apresentados as vantagens e desvantagens observadas no acompanhamento da obra, como também resultados da simulação das deformações no Eberick.

### 3.1 Vantagens

a) Intervalo entre concretagens dos pavimentos: a vantagem em relação ao tempo não se trata de uma maior rapidez na construção, e sim de um tempo maior que a estrutura permanece sem receber cargas significativas do próximo pavimento, como concretagem das próximas vigas e laje. Pois é necessário que toda a alvenaria esteja com sua elevação concluída, deste modo o pavimento permanece escorado por um tempo maior que em obras convencionais, e as vigas são continuamente escoradas pela alvenaria do pavimento inferior. A Figura 3 demonstra o intervalo entre uma concretagem e outra dos pavimentos.

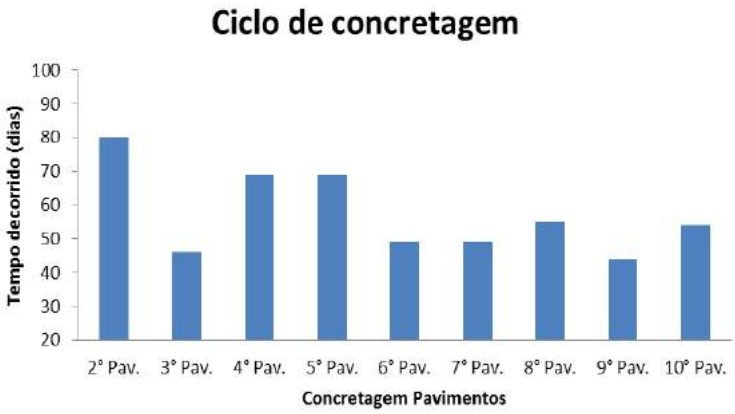



Figura 3. Intervalo entre uma concretagem e outra dos pavimentos

Através da Tabela 1, pode ser vizualizado a média dos dias de concretagem entre um pavimento e outro da obra acompanhada.

Tabela 1. Dias e tempo médio das concretagens

| Obra | Elemento estrutural (Vigas e laje) | Data de Concretagem | Tempo decorrido (dias) |
|---|---|---|---|
| Residencial Noblesse | 2º pavimento | 08/07/2016 | 80 |
| | 3º pavimento | 23/09/2016 | 46 |
| | 4º pavimento | 01/12/2016 | 69 |
| | 5º pavimento | 08/02/2017 | 69 |
| | 6º pavimento | 29/03/2017 | 49 |
| | 7º pavimento | 17/05/2017 | 49 |
| | 8º pavimento | 10/07/2017 | 55 |
| | 9º pavimento | 23/08/2017 | 44 |
| | 10º pavimento | 16/10/2017 | 54 |
| | | **Média** | **57** |

b) Redução do risco de queda de trabalhadores: pode ser observado que não é necessário manter corrimãos e telas de proteção no perímetro da obra por longo período de tempo, pois as paredes do edifício são executadas logo após a concretagem dos pilares, criando uma barreira física mais significativa em relação à proteção contra quedas. A NR 18 (2015), no item 18.13.4 especifica que "é obrigatória, na periferia da edificação, a instalação de proteção contra queda de trabalhadores e projeção de materiais a partir do início dos serviços necessários à concretagem da primeira laje." Critério esse atendido quando executadas as alvenarias externas do pavimento.A Figura 4 exemplifica essa proteção proporcionada pela alvenaria.

Figura 4. Alvenaria como proteção contra queda

c) Racionalização e redução de resíduos de madeira: é importante, ainda, mencionar uma das principais vantagens do método estudado, que é a redução do consume de madeira e de mão de obra para montage e escoramentos de fundo de viga, pois a própria alvenaria terá essa função, assim possuindo menor utilização, consequentemente terá menos perdas e desperdícios.

### 3.2 Desvantagens

a) Possibilidade de manifestações patológicas: uma das ocorrências de fissuras é pela ligação entre concreto armado e alvenaria de vedação, sendo sua principal causa os deslocamentos excessivos que a estrutura e seus elementos têm apresentado, sua magnitude e intensidade são maior quanto maior for o grau de restrições impostos ao movimento, como o sistema descrito executa a concretagem diretamente sobre a alvenaria, essa ligação passa a ser rígida,contribuindo para introdução de tensões iniciais decorrentes dos primeiros carregamentos.

b) Mobilidade no canteiro de obra: a execução das fôrmas sofre quebra no seu ritmo produtivo, quando também existem equipes multidisciplinares que são especialistas na execução de elevação das alvenarias, criando um conflito momentâneo quando outras equipes de carpinteiros e armadores estão executando as fôrmas.

### 3.3 Análise das deformações através do pórtico unifilar

No primeiro lançamento verificou-se que ao gerar o dimensionamento da estrutura do portico, as vigas que possíam dimensões de 15 x 40 cm e fck de 25 MPa, no seu lançamento inicial, não apresentaram erros de dimensionamento, no entanto, constatou-se que deformações excessivas estavam atuando na viga 12 da cobertura, que pode ser vizualizada pela seta conforme indicado na Figura 5. Com o objetivo de verificar a interferência das deformações excessivas nas vigas, o que poderia sobrecarregar as alvenarias, ao projetar a estrutura tomam-se medidas de tornar a edificação o menos deformável possível. Para tanto se fez o segundo lançamento, aumentando a seção das vigas para 15 x 50 cm e fck de 30 MPa. A redução dos valores de deslocamento poder ser vizualizados na Figura 6.

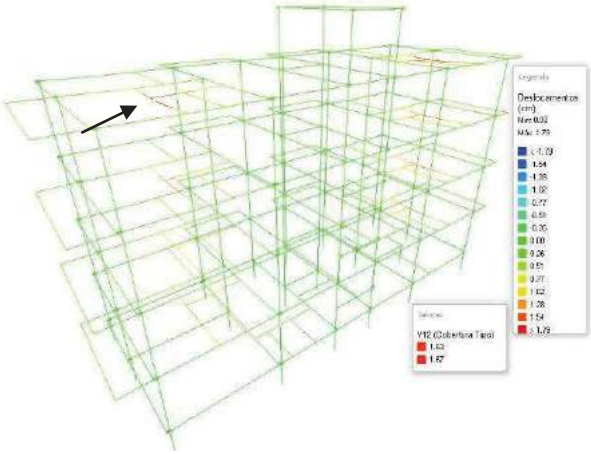


Figura 5. Primeiro lançamento

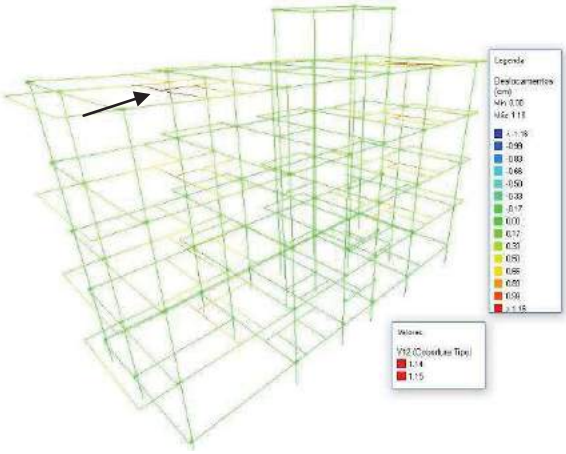


Figura 6. Segundo lançamento

Com a medida de enrijecer a estrutura, foi realizado novo processamento e se obteve valores menores de deslocamentos assim como na viga 12. Foram escolhidos dois parâmetros para serem analizadas tais reduções, entre os quais estão o deslocamento horizontal e processo P-Delta. Que são apresentados de forma gráfica na Figura 7 e 8.

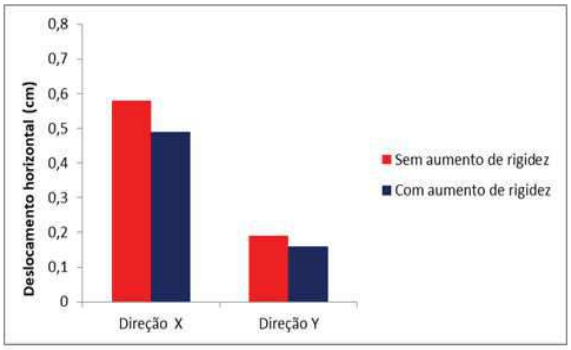



Figura 7. Comparativo resultado deslocamento horizontal

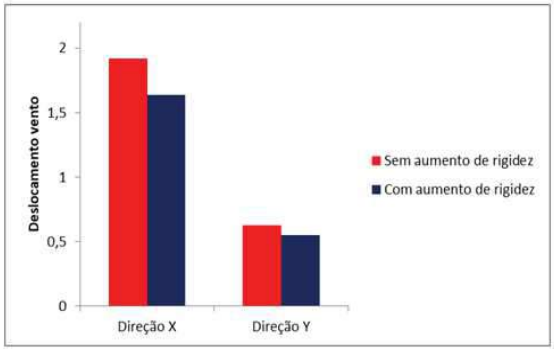



Figura 8. Comparativo resultado processo P-Delta

Os resultados referentes aos deslocamentos horizontais apresentaram uma melhora tanto no eixo X quanto no eixo Y do edifício. O deslocamento horizontal teve redução de 15,52% na direção X, e 15,79% na direção Y. O processo P-Delta, que leva em consideração os deslocamentos gerados por cargas laterais em estruturas, como os efeitos do vento, apresentou melhora em ambos os eixos, uma redução de 14,58% no eixo X e de 12,70% no eixo Y.

A redução nos deslocamentos horizontais favorece a redução da possibilidade de tensões excessivas nas alvenarias, que segundo Sopelsa (2012), estando as alvenarias monolitizadas à estrutura, estas passam a interagir conjuntamente, movimentando-se e absorvendo as deformações até um determinado limite, após podem surgir desequilíbrios e manifestações patológicas.

Assim, quanto maior for a redução nos deslocamentos, menor será a probabilidade da edificação sofrer com inúmeros problemas, que conforme Silva (2003), podem ser desde pequenas fissuras e trincas até esmagamento e ruptura da alvenaria, sendo necessário retrabalhos, manutenção e reparos, em consequência, apresentando custos adicionais.

## 4. CONCLUSÃO

Ao analisar as vantagens e desvantagens do método construtivo estudado, entende-se que é uma alternative que deve ser estudada e avaliada tecnicamente para seu uso na construção civil. Tal ponderação é justificada pelas vantagens que foram observadas referentes à redução de riscos de queda de trabalhadores, intervalo entre concretagens de pavimentos, que apresentou uma média de 57 dias, e racionalização de serviços e materiais. No entanto, se observou também, desvantagens, como possibilidade de manifestações patológicas e mobilidade no canteiro de obra.

Para tanto, é necessária uma avaliação criteriosa do projeto, tanto em relação ao número de pavimentos quanto a características estruturais, sendo medidas importantes, já que tais interferem significativamente nos deslocamentos da estrutura e podem implicar em esforços excessivos nas alvenarias e revestimento provocando manifestações patológicas.

Para a constatação de que as medidas de enrijecer a estrutura, de fato reduziram os deslocamentos, se obtiveram reduções nos parâmetros analisados, como no deslocamento horizontal, onde apresentou redução de 15,52% no eixo X e de 15,79% no eixo Y. Como também o processo P-Delta, que está relacionado com os efeitos do vento, resultou em uma redução de 14,58% no eixo X e de 12,70% no eixo Y. Assim verifica-se que as medidas tomadas foram eficientes na redução dos deslocamentos da estrutura.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. NBR 6118**.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos – Procedimento. NBR 8545. Rio de Janeiro, 1984.

FREITAS, A. H. C.; SANTOS, D. M.; MORAES, G. H. S.; CURY, I. S. *Cálculos estruturais em concreto armado: comparativo entre o calculo manual e com o auxílio de Software*. Revista Pensar Engenharia, Belo Horizonte n. 2, jul. 2014.

Normas regulamentadoras**.** Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. NR 18. Brasília, 2015.

SPEROTTO, J.N. *Edificações Multifamiliares sem Dispositivo de Ligação Superior Alvenaria-Estrutura: análise do sistema construtivo*. 2009. 83f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SOSELPA, D. R. *Análise de construções com paredes de vedação servindo de apoio direto das vigas***.** 2012. 84f. Trabalho de conclusão (Graduação Engenharia Civil) Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2012.

SILVA, M. M. A. *Diretrizes para o projeto de alvenaria de vedação***.** 2003. 167f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INFLUCÊNCIA DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DE VIDRO MOÍDO NO CONCRETO CONVENCIONAL

**Camile Tochetto**
**Bruno Marangoni**
**Suelen Cristina Vanzetto**
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
*camiletochetto@hotmail.com /b-marangoni@outlook.com /suelen.van@hotmail.com*

***Resumo:*** *A construção civil é um dos setores mais importantes da economia, porém é uma das grandes causadoras de impactos ambientais, desde a excessiva impermeabilização dos solos, até a retirada de matéria prima não renovável. Esses assuntos têm sido foco de inúmeros projetos com o intuito de melhorar a sustentabilidade aumentando a reutilização de resíduos em materiais de construção. Considerando isso, esta pesquisa objetivou a avaliação da influência da utilização do resíduo de vidro moído proveniente de garrafas long neck em substituição de 20%, 30% e 60%, do agregado miúdo no concreto convencional. Para a avaliação do comportamento do concreto foram realizados os ensaios de densidade e determinação de consistência, no estado fresco e o ensaio de resistência à compressão uniaxial, no estado endurecido aos 28 dias. O concreto com utilização de 60% de substituição é o mais indicado, pois incorpora mais resíduo na matriz do concreto tornando-o um material ambientalmente sustentável, além de suas propriedades mecânicas ficarem dentro dos parâmetros que consideram um concreto com resistência adequada à maioria dos propósitos.*

*Palavras-chave: Garrafas long neck, Resíduo de vidro moído, Concreto.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o aquecimento da construção civil o concreto passou a ser um dos produtos mais utilizados em todo mundo. Como o concreto é um produto composto da mistura de cimento com agregados, é crescente a preocupação com a extração destes agregados, pois são matérias primas naturais (GOMES; PELISSER, 2011). Surge então a necessidade de substituir os constituintes do concreto, a reciclagem e a construção civil pode ter um papel importantíssimo nesse processo, já que segundo Nascimento et al. (2014) a indústria da construção civil tem capacidade de absorver tanto o próprio resíduo gerado, quanto o gerado por outras indústrias.

Dos diversos resíduos produzidos o vidro, mais precisamente as garrafas de vidro long neck são consideradas um dos mais problemáticos resíduos gerados, pois após o consumo da bebida são simplesmente descartadas (COCCO et al., 2011). É uma ideia bastante atraente a possibilidade de melhorar as propriedades do concreto utilizando vidro moído proveniente de garrafas long neck, uma vez que possui composição química similar a areia (NASCIMENTO et al., 2014), pois, está se aliando um beneficio ambiental com a melhoria de um material importantíssimo nas obras de construção civil.

Nesta pesquisa, estuda-se a viabilidade de substituir o agregado miúdo por resíduo de vidro moído, à matriz de concreto.

## 2. METODOLOGIA

Na confecção dos concretos além do traço referencia (0% de resíduo) foram produzidos concretos utilizando o resíduo de vidro moído como substituinte da areia natural nos teores de 20%, 30% e 60% no concreto convencional. Os teores utilizados embasam-se nos autores Bottega (2017) buscando analisar se há uma tendência de comportamento do concreto com o uso desses percentuais de substituição.

Foram confeccionados 3 corpos de prova para cada teor de substituição, além dos 3 corpos de prova produzidos sem o resíduo, os quais serviram como referência, totalizando 12 corpos de prova utilizados para a pesquisa.

A consistência (estado fresco) foi determinada através do ensaio de abatimento do tronco de cone (Slumptest). A fim de caracterizar as propriedades mecânicas dos concretos com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de vidro moído, foi realizado o ensaio quanto à resistência à compressão uniaxial do concreto no estado endurecido.

## 2.1 Programa experimental

Para atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, a metodologia foi seguida conforme o programa representado esquematicamente na Fig. 1, permitindo que os dados fossem tratados estatisticamente pelo método de análise de variância (ANOVA), onde buscou-se avaliar se o fator de controle causou efeito significativo na variável de resposta.

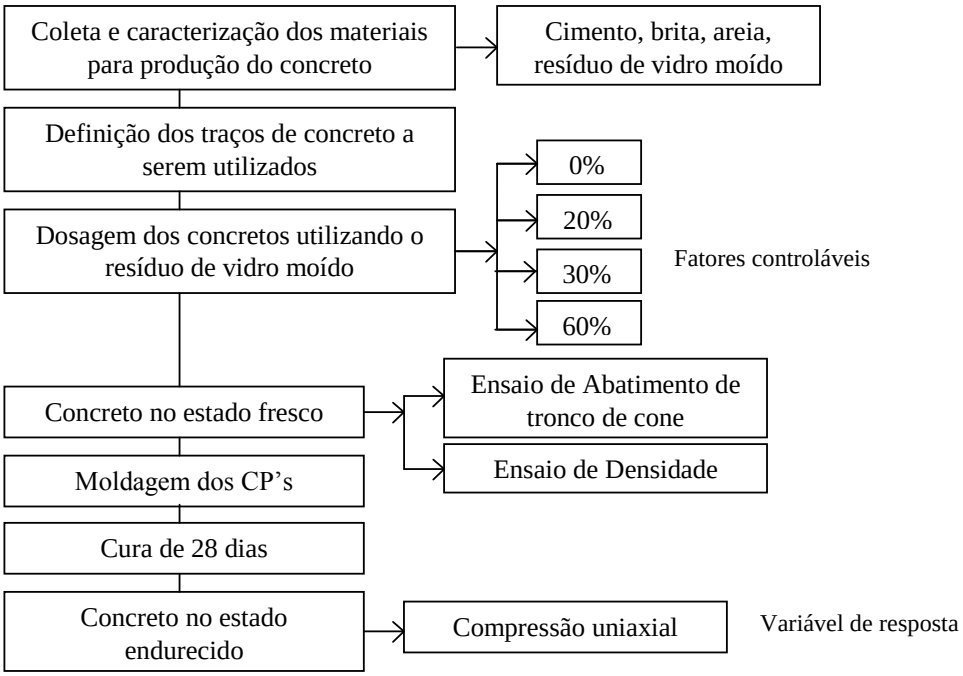



Figura 1. Etapas realizadas no desenvolvimento da pesquisa

## 2.2 Materiais utilizados

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi utilizado como aglomerante hidráulico o cimento denominado CP IV-32. O agregado graúdo utilizado consiste em uma brita de origem basáltica, chamada comercialmente de brita 1 e o agregado miúdo é uma areia média natural de origem quartzosa.

Para a utilização do vidro proveniente das garrafas long neck foi realizado o processo de coleta, limpeza, moagem e caracterização granulométrica a partir do ensaio de granulometria (ABNT NBR NM 248:2003). No processo de caracterização do resíduo moído objetivou-se complementar a curva granulométrica do resíduo de vidro moído com a do agregado miúdo como pode ser observado à distribuição granulométrica na Fig. 2.

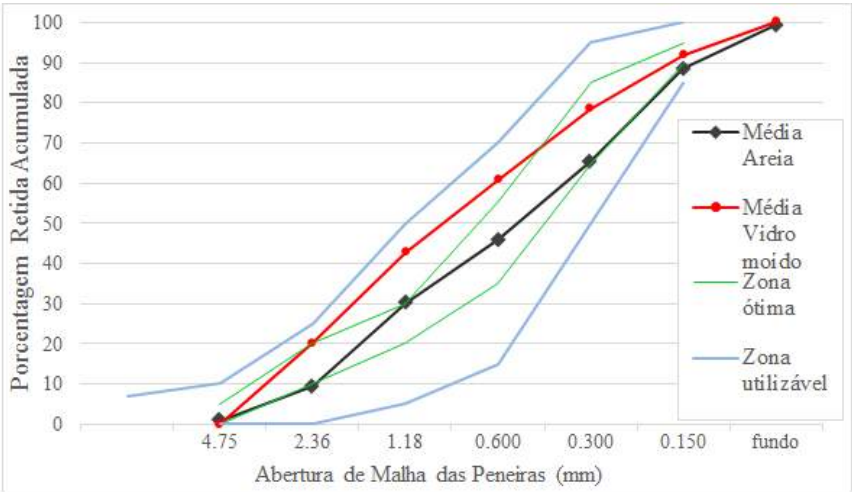



Figura 2. Curvas granulométricas do resíduo de vidro moído e da areia natural

### 2.3 Método de dosagem e moldagem dos concretos

Para essa pesquisa adotou-se o método de dosagem do IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), por ser o mais utilizado em obras de engenharia para concretos convencionais. O traço utilizado foi 1:4, por ser um traço intermediário e muito utilizado na construção civil. A partir do traço foi encontrado o teor ideal de argamassa de 54%, e a consistência dos concretos com o abatimento requerido de tronco de cone de 100 ± 20 mm. A Tab. 1 mostra o traço empregado na produção de concreto.

Tabela 1. Traço utilizado.

| Fatores controláveis | | Traço unitário desdobrado | | | Cons. de água(Kg) | Cons. de cimento(Kg) | Parâmetros | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teor de substit. (%) | Traço unitário | C | A | P | | | α (%) | Abat. (mm) | a/c |
| 0 | 1:4 | 1 | 1,66 | 2,27 | 4,07 | 431,23 | 54 | 11 | 0,45 |
| 20 | | | | | | | | 10,5 | |
| 30 | | | | | | | | 11,5 | |
| 60 | | | | | | | | 12 | |

O procedimento consiste, primeiramente, em separar e untar com desmoldante as fôrmas cilíndricas de 10 x 20 cm, sendo estas metálicas, que visam à redução de perdas da pasta de cimento e de variabilidade dimensional.

O processo de adensamento que foi feito com o auxílio da mesa vibratória, de modo a garantir uma mistura adequada dos materiais. Após os corpos de prova foram identificados com informações da quantidade de substituições utilizadas. Em 24 horas os mesmos foram desmoldados, e posteriormente, dispostos em câmara úmida para cura, até completar a idade de 28 dias para então serem submetidos ao ensaio.

### 2.4 Ensaio de resistência à compressão uniaxial

Para o ensaio de resistência à compressão foi seguida a norma NBR 5739 (ABNT, 2007), realizando o ensaio quando completado os 28 dias de idade de cura dos concretos. O corpo de prova foi colocado centrado sobre o prato da prensa hidráulica que imponha uma força de compressão que aumenta progressivamente até a ruptura.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Resistência à compressão uniaxial

A resistência à compressão é o parâmetro principal de análise e caracterização do concreto, se refere a capacidade do elemento em resistir aos esforços sem ruptura. A Fig. 3 mostra a influência do teor de substituição de resíduo de vidro moído sobre a resistência à compressão, a partir da análise estatística (ANOVA).

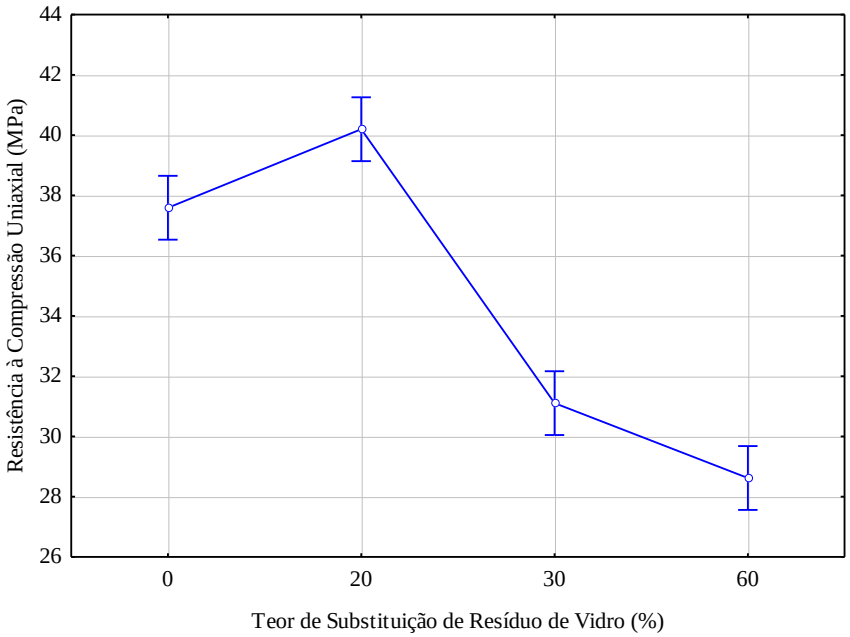



Figura 3 . Comparação das médias do ensaio à Compressão Uniaxial

Observa-se na Fig. 3, em relação à resistência referência (0%) de 37,50 MPa, o concreto com 20% de substituição obteve resistência à compressão que atingiu 40,20 MPa, ou seja, um acréscimo de 6,94%, segundo Cordeiro e Montel (2015) o aumento da resistência, se deu devido o empacotamento ideal das partículas do concreto. Já para os concretos com 30% e 60% de substituição houve uma redução da resistência em relação ao traço referência que foram de 31,11 MPa e 28,62 MPa respectivamente, isto é, ambos decresceram, 17,24% e 23,86%, o fato de haver uma maior proporção de finos na mistura do concreto influenciou nessa redução. Segundo Bastos (2002) a utilização de material pulverulento dentro de certos limites, confere uma maior trabalhabilidade ao preencher os vazios da pasta de cimento e água, no entanto a grande quantidade deste material, torna-se prejudicial à qualidade do concreto. O autor ainda explica que o material pulverulento pode interferir com o processo de hidratação do cimento, formando uma película envolvendo cada grão, impedindo a aderência da pasta de cimento aos agregados.

Utilizando a pesquisa de Bottega (2017) como mais um parâmetro de comparação, constata-se o mesmo comportamento, dos teores de substituição, para este ensaio. Ocorreu que, 20% de substituição de areia por vidro moído apresentou a melhor resistência à compressão, e acima dessa porcentagem, com 50% de substituição a resistência decaiu, percebe-se então, que os resultados de resistência são inversamente proporcionais ao teor de substituição.

Quando o material pulverulento recobre as partículas de areia, impede que sobre estas ocorra a cristalização regular e homogênea dos compostos do cimento, o que pode reduzir a resistência à compressão uniaxial do concreto (FRAZÃO et al., 2007).

Conforme análise dos resultados obtidos pelo método Tukey, todos os teores de substituição apresentaram diferença significativa quando comparado ao traço de referência.

## 4. CONCLUSÕES

Com relação à propriedade mecânica da resistência à compressão uniaxial, o melhor resultado foi do teor de substituição de 20%, atingindo uma resistência de 40,20 MPa, enquanto que o teor de 60% obteve a menor resistência que foi de 28,62 MPa. Mesmo com essa análise, o concreto com utilização de 60% de substituição é o mais indicado, pois incorpora mais resíduo na matriz do concreto tornando-o um material ambientalmente sustentável, além de suas propriedades mecânicas ficarem dentro dos parâmetros que consideram um concreto com resistência adequada à maioria dos propósitos.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), concretos com resistência à compressão de 20 MPa a 40 MPa, indicam a classificação dos concretos com resistência moderada. Nota-se que todos os concretos produzidos ficaram com suas resistências à compressão dentro desse parâmetro.

Com as análises observou-se que é viável o reaproveitamento do resíduo de vidro, proveniente da moagem de garrafas long neck, na indústria da construção civil. A utilização desse resíduo evita o descarte em aterros, tornado os concretos produzidos com a substituição parcial do agregado miúdo um material de construção sustentável. Porém, por tratar-se de uma pesquisa experimental, é necessário que mais estudos sejam realizados nesta área tendo em vista a durabilidade para a incorporação desse resíduo nas matrizes cimentícias.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BASTOS, S. R. B. Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para a produção de concretos convencionais. 2002. 118f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2002.

BOTTEGA, S. P. B. Análise dos efeitos da substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de vidro moído no concreto convencional. 2017. 65f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, 2017.

COCCO, I. R.; PINTO, A. H.; ANTONELLO, A.; PORTOLAN, E. Reaproveitamento de materiais não degradáveis no reparo de coberturas: vidro, isopor e embalagens tetrapak. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, 16., 2011, Cruz Alta. **Anais...** Cruz Alta, 2011.

CORDEIRO, R.D.S.; MONTEL, A. L. B. Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de Palmas – TO. Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, v.2, N° Especial, p. 104-123, 2015.

FRAZÃO, E. B.; CAMPOS, E.; CALAES, G. D.; HERMANN, H. Agregados para construção civil no Brasil. Belo Horizonte: ANEPAC, 2007.

GOMES, C. C.; PELISSER, F. Propriedades mecânicas do concreto com adição de vidro reciclado. Net, Crisciúma, SC, jan 2011. Disponível em: < http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/202/1/Carlos%20Cabreira%20Gomes.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2017.

HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: PINI, 1992.

MEHTA, P K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

NASCIMENTO, W. F.; SANTOS, D. A.; SILVA, B. A.; TEMPONI, G. J.; ANDRADE, D.; LUZ, B. S.; ALEXANDRINO, C. H.; CARLI, A. D. P. Caracterização de compósitos de concreto utilizando agregado miúdo do vidro, Poços de Caldas, MG, 2014.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DE QUALIDADE NO PROCESSO DE EXECUÇÃO DE ARMADURAS PARA CONCRETO DE SAPATAS, VIGAS E PILARES EM CONSTRUÇÕES DA CIDADE DE ERECHIM - RS

**Daniel João Chirnev**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim, 99704-380
daniel_chirnev@hotmail.com

**Alessandro Emilio Valmorbida**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim, 99704-380
alessandroev@uricer.edu.br

***Resumo.*** *As armaduras para estruturas de concreto armado são fundamentais nas obras da construção civil, pois tem a responsabilidade de melhorar a resistência do conjunto, trazendo maior resistência á tração, desde que executadas em conformidade com os requisitos normativos. Nas execuções de obras de concreto armado são amplamente adotadas, pois tem facilidade de execução e flexibilidade de formatos dos elementos. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o cenário atual do processo de execução de armaduras para sapatas, vigas e pilares de construções. Desta forma, apresenta-se uma metodologia de como identificar os requisitos a serem atendidos na execução das armaduras, através do uso de uma planilha que auxilia na inspeção de campo, bem como a respectiva análise em relação ao nível de atendimento dos respectivos requisitos, associados a possíveis manifestações patológicas. Dentre as etapas que foram cumpridas visando atingir o resultado esperado deste estudo, a primeira foi á realização de uma pesquisa bibliográfica onde se buscou as bases teóricas para o andamento do trabalho. A seguir foram determinados, mediante consulta a normas e bibliografias, os itens a serem avaliados nas inspeções á execução de serviços de armaduras, posteriormente foi construída e testada uma planilha. Com a planilha definida, foi possível realizar 7 inspeções em construções da cidade de Erechim/RS, onde constatou-se que em nenhuma das obras visitadas e inspecionadas obtiveram um índice de desempenho total em relação aos itens verificados nos serviços, constatando-se que os aspectos como limpeza, ferrugem, corte e dobra foram os que mais se apresentaram conforme, já os itens referentes aos espaçamentos da malha nas sapatas, estribos nas vigas e pilares e o item relativo ao cobrimento, foram os que menos se apresentaram em conformidade. Em consequência, futuramente essas estruturas estão suscetíveis a manifestações patológicas principalmente como é o caso da corrosão e fissuração.*

***Palavras-chave:*** *Armaduras, execução de armaduras, inspeções, manifestações patológicas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, em um cenário de incertezas econômicas e falta de estruturação política, as empresas precisam buscar a excelência em seus serviços. A grande parte dessas empresas trabalha de forma tradicional, levando-as a desperdícios de materiais e tempo, necessitando refazer os serviços.

A exigência do mercado consumidor, a minimização de patologias e o controle dos recursos financeiros acabam exigindo das empresas da construção civil a buscarem serviços de qualidade na execução dos empreendimentos. Para isso é preciso usar conceitos e princípios de gestão entre profissionais e empresas da área para que atinjam um patamar evolutivo de qualidade em seus serviços e o meio de atuação.

Adicionalmente ao que vem acontecendo, o mercado de imóveis sofre muitas influências da economia global, onde o desempenho destes empreendimentos se torna de extrema importância para que essas empresas se sustentem no mercado.

Essas influências e tendências fazem com que as empresas busquem melhores planejamentos para obter assim custos e prazos menores para poderem crescer e se consolidar no mercado. Neste sentido, a busca pela qualidade na construção civil pode ajudar no estabelecimento de elementos necessários para um melhor planejamento e gerenciamento de um sistema para um objetivo final eficaz.

Segundo Yazigi (2013, p.64) "as normas internacionais definem o Sistema de Qualidade como estrutura organizacional, responsabilidades, procedimentos, processos e recursos para implantação da gestão da qualidade como enfoque sistêmico".

Neste sentido, dentro de um sistema construtivo de obras que engloba a execução de fôrmas, armação e concretagem, o enfoque sistêmico está presente podendo ser tratado como uma parte de um sistema.

Dentre estes processos que formam uma parte de um sistema, para este trabalho será focado a execução das armaduras, analisando as etapas e os requisitos de qualidade do processo através de estudo de caso. Tendo em vista a grande importância estrutural das armaduras utilizadas no concreto armado, e um mercado cada vez mais exigente em termos de qualidade e racionalização de recursos, torna-se fundamental um estudo deste processo tendo em vista sua grande importância no contexto da estrutura.

## 2. OBJETIVO

Neste contexto, o objetivo principal deste artigo é analisar os requisitos de qualidade no processo de execução de armaduras utilizadas em sapatas, vigas e pilares de concreto armado em construções na cidade de Erechim - RS.

## 3. ARMADURAS PARA CONCRETO

Conforme Salgado (2009), armaduras são elementos destinados a dar resistência à estrutura de concreto, principalmente quanto aos esforços de tração e flexão. Elas devem obedecer a certos critérios de execução, pois podem interferir de maneira significativa na estabilidade estrutural do elemento a ser concretado.

As armaduras devem ser obtidas por barras, cordoalhas, fios e telas de aço que obedeçam, em suas determinadas categorias, às regulamentações normativas da NBR 7480/2007 (Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação) e NBR 7481/2007 (Tela de aço soldada – Armadura para concreto – Especificação).

A NBR 6118/2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento) define as condições de utilização destes materiais em cada caso. Além das armaduras são utilizados arames, espaçadores, pastilhas, bainhas e dispositivos de ancoragem para garantir o cobrimento, espaçamento e o posicionamento das barras. A empresa que realiza a obra deve receber os aços e efetuar inspeção rigorosa do material, verificando a procedência, tipo e bitola. Precisa-se ainda, armazenar, estocar e catalogar separadamente o material, por fornecedor, categoria e bitola, em local protegido contra intempéries e contaminações. É importante observar a homogeneidade geométrica do lote, linearidade das barras, inexistência de bolhas, esfoliações, corrosão precoce, impurezas graxas e argilosas e boletins comprobatórios das características físicas de resistência. Os lotes que não estão de acordo com os requisitos acima descritos devem ser rejeitados e devolvidos.

Na etapa do armazenamento é fundamental evitar o contato das barras com o solo. De preferência recomenda-se, armazenar as barras de aço sobre plataformas de madeira, contínua ou não, 20 cm acima do solo, nivelado, e coberto com lona ou capa plástica impermeável. Esta etapa é muito importante para manter a qualidade após a compra e na sequência das etapas dos serviços de armadura.

### 3.1 Processo de execução de armaduras

O processo de execução das armaduras se torna de fundamental importância, pois nele é que se consolidarão todos os elementos para que o serviço final tenha a qualidade necessária para atender os requisitos imprescindíveis que englobam as atividades da armação. Este processo abrange muitos elementos como: projeto estrutural, planejamento, organização do canteiro de obras, compra dos materiais, armazenamento dos materiais, espaço adequado no canteiro de obras para manuseio, mão de obra qualificada, corte e dobra dos elementos, montagem da estrutura, verificação da montagem e posterior concretagem da estrutura, entre outros.

Um fator muito importante a ser observado no processo de execução é a contratação de empresas ou profissionais, que na maioria das vezes não detêm conhecimentos básicos para garantir um serviço de boa qualidade, onde em grande parte dos casos a mão de obra acaba adquirindo os conhecimentos através de experiências vividas nas obras, acabando por realizar serviços de forma artesanal e rudimentar.

Visando um detalhamento maior referente às atividades envolvidas na etapa da armação, serão apresentadas as definições adotadas, baseadas em Freire (2001 apud GONÇALVES, 2009, p. 47 a 48):

- armadura: também chamada de ferragem, é a associação de diversas peças de aço, formando um conjunto para um determinado componente estrutural;
- peça: parcela separável da armadura de um componente da estrutura, constante do projeto estrutural, com dimensões e formato característicos, que, quando associada a outras gera a armadura;
- barra: elemento de aço para concreto armado, obtido por laminação, disponível nos diâmetros nominais a partir de 5 mm;

- fio: elemento de aço para concreto armado, obtido por laminação, disponível nos diâmetros nominais entre 3,2 mm e 10 mm;
- vergalhão: Barra ou fio de aço com comprimento aproximado de 12 metros;
- cobrimento: é a camada de concreto que separa e protege a armadura do meio externo;
- estribo: peças dispostas transversalmente ao elemento estrutural, com o objetivo de: resistir aos esforços transversais decorrentes das forças de cisalhamento; auxiliar o concreto a resistir aos esforços de compressão; e auxiliar a montagem e transporte das armaduras;
- tela soldada: armadura composta por peças ortogonais, soldadas entre si, formando uma malha.

Um bom planejamento para a execução de armaduras é um grande passo para o êxito na conquista da qualidade nas obras correntes.

### 3.2 Patologias nas estruturas

Souza (2009) descreve que o surgimento de problemas patológicos em dada estrutura indica, em última instância e de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades. As causas das patologias podem ser divididas em dois grupos: intrínsecas (sendo este inerente as estruturas) e as extrínsecas (que são externas ao corpo estrutural), sendo essas oriundas de falhas humanas, causas naturais próprias ao material concreto e ações externas (SOUZA, 2009).

O início das patologias pode ser atribuído então a causas que envolvem a combinação de diferentes fatores. As principais patologias nas estruturas de concreto armado são as degradações do concreto, corrosão das armaduras e fissuras. A seguir, será apresentada uma sucinta definição de cada uma delas.

#### 3.2.1 Degradação do concreto

Segundo Bertolini (2010), a ação do ambiente nas estruturas de concreto armado pode determinar um dano progressivo da estrutura, tanto no próprio concreto como nas armaduras. Podem ser do tipo físico (devido ao efeito da temperatura), químico (por substâncias presentes no ambiente) e biológico ou mecânico (efeito da abrasão ou cargas aplicadas à estrutura).

Em referência ao primeiro tipo ocorre uma degradação direta do concreto afetando diretamente a pasta de compostos de cimento ou os agregados, podendo induzir a corrosão. Pode-se ter também o processo contrário com o ambiente determinando primeiramente a corrosão das armaduras e afetando o concreto somente num momento posterior. Na figura 1 pode-se verificar um exemplo de degradação do concreto:

Figura 1: Degradação do concreto.

#### 3.2.2 Corrosão das armaduras

Pela experiência Bertolini (2010), descreve que a corrosão é a causa mais frequente da degradação das obras de concreto armado. Ainda, segundo Bertolini (2010) a corrosão distingue-se em dois tipos sendo um a corrosão úmida que ocorre quando materiais metálicos entram em contato com soluções aquosas (como águas doces ou do mar, soluções ácidas ou alcalinas, ou ainda com ambientes que contenham água, como o solo, o concreto, as atmosferas úmidas, etc.) e o segundo a corrosão seca que ocorre através de altas temperaturas. Em condições normais de estruturas de edifícios e civis considera-se a apenas a corrosão úmida.

Nas construções os materiais metálicos são usados em diferentes finalidades destacando-se a função de elemento estrutural, onde segundo Bertolini (2010) a corrosão pode ter vários efeitos:

- pode influir na segurança estrutural, reduzindo a seção resistente dos elementos de suporte ou dos elementos de junção;
- quando o componente é vinculado ou mesmo completa ou parcialmente imerso em um material rígido e frágil, a ação expansiva dos produtos de corrosão pode induzir distorções ou fissurações;

- quando o ataque é localizado, a corrosão pode determinar a perfuração do componente; no caso de tubulações ou recipientes, há, portanto, o risco de perda de líquidos ou gases;
- para combinações especificas de material metálico, ambiente e condições de solicitação mecânica, podem formar-se fissuras que podem levar a perigosas rupturas imprevistas, mesmo nos materiais mais tenazes;
- enfim, a corrosão pode simplesmente alterar o aspecto exterior. (BERTOLINI, 2010, p. 47). Observa-se na figura 2 um exemplo de corrosão das armaduras:

Figura 2: Exemplo de corrosão das armaduras.

### 3.2.3 Fissuras

Souza (2009) define que as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários ai incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer. Sua caracterização como deficiência estrutural dependerá de alguns fatores como: origem, intensidade e magnitude.

Segundo Souza (2009), um processo de fissuramento quando for anormal, pode ser causada por fatores intrínsecos e extrínsecos e para que se consiga identificar a causa e efeito é necessário que se desenvolva análises consistentes que incluam a mais correta determinação das configurações das fissuras, bem como o tamanho da abertura, variação com o tempo, extensão e profundidade.

Conforme a NBR 6118/2014, são consideradas fissuras agressivas aquelas que seus valores de abertura na superfície ultrapassam os valores que seguem:

- para peças expostas em meio agressivo muito forte CAA IV (industrial e respingos de maré) acima de 0,2 mm;
- para peças expostas a meio agressivo moderado e forte CAA II e III (urbano, marinho e industrial) acima de 0,3 mm;
- para peças expostas em meio agressivo fraco CAA I (rural e submerso) acima de 0,4 mm. A seguir, observa-se um exemplo de fissura:

Figura 3: Exemplo de fissura.

## 4. METODOLOGIA

Na primeira etapa foi realizada a revisão bibliográfica, de modo a se apropriar das bases teóricas para o andamento do trabalho tendo como consulta em artigos, teses, dissertações, livros e normas.

Dentre as bibliografias e normas consultadas sobre os requisitos para a execução de armaduras para sapatas, vigas e pilares, se selecionou aqueles critérios técnicos julgados fundamentais para a realidade das obras da cidade de Erechim, e que foram utilizados para a confecção de uma planilha para a realização das inspeções, ficando assim definidos:

- **para as Sapatas**: A armadura está limpa e sem ferrugem; A armadura está cortada e dobrada de acordo com as medidas do projeto; As bitolas do aço estão de acordo com o projeto; A armadura está amarrada adequadamente; Os espaçamentos da malha das armaduras estão de acordo com o projeto; As quantidades dos aços estão de acordo com o projeto; cobrimento foi atendido?
- **para as Vigas e Pilares**: A armadura está limpa e sem ferrugem; A armadura está cortada e dobrada de acordo com as medidas do projeto; Os espaçamentos dos estribos estão de acordo com o projeto; As bitolas do aço estão de acordo com o projeto; A armadura está amarrada adequadamente; As quantidades dos aços estão de acordo com o projeto; O cobrimento foi atendido.

Na segunda etapa, depois de realizada a delimitação dos parâmetros de inspeção, as planilhas foram testadas na obra chamada de "A", sendo comprovada sua eficiência para as inspeções seguintes. Após isso, foram feitas as inspeções e num último momento ocorreu a compilação e análise dos resultados correlacionando com possíveis patologias. Na sequencia, a figura 4 ilustra de forma geral a metodologia implantada:

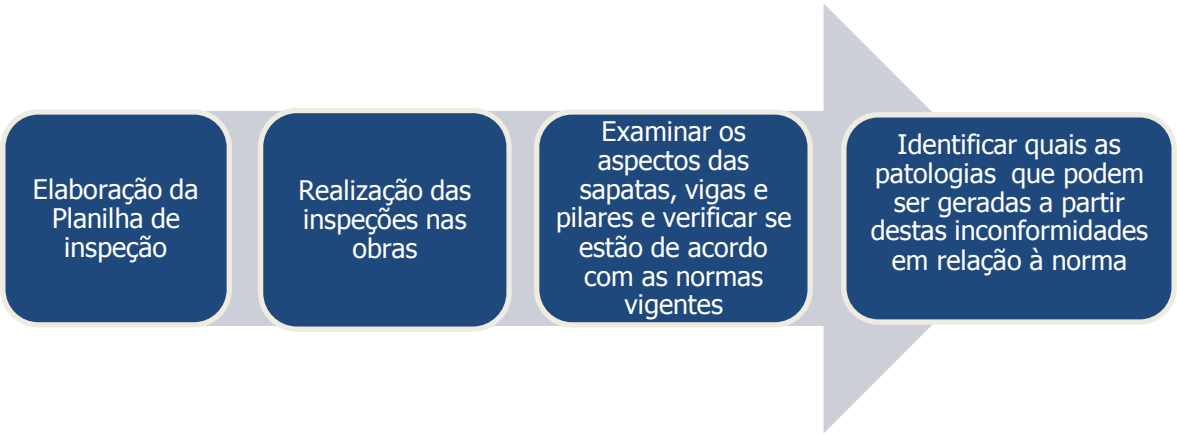



Figura 4: Fluxograma da metodologia.

### 4.1 Escolha das obras e quantidades inspecionadas

Para a escolha das obras foi utilizado como parâmetro um percentual amostral de 20% sobre a quantidade média de projeto aprovados mês tendo como base as informações fornecidas pela Prefeitura Municipal, chegando a quantidade de 7 obras residenciais entre 1 a 3 pavimentos. Foi determinado de maneira amostral uma quantidade de elementos a serem inspecionados por obra, chegando a um percentual de 10% da quantidade de cada elemento (sapatas, vigas e pilares), que estiverem em execução no momento da inspeção, ficando a quantidade de sapatas que foram inspecionadas em um número de 13; para pilares 12 e vigas também 12.

## 5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Inicialmente os resultados alcançados foram relacionados ao nível de informações levantadas quanto aos requisitos necessários para a execução das armaduras os quais contribuíram para um aprofundamento do conhecimento e para a seleção dos mais relevantes visando o desenvolvimento da planilha de inspeção. Na sequência na figura 5 apresenta-se a média dos resultados das planilhas de inspeção das sapatas, vigas e pilares:

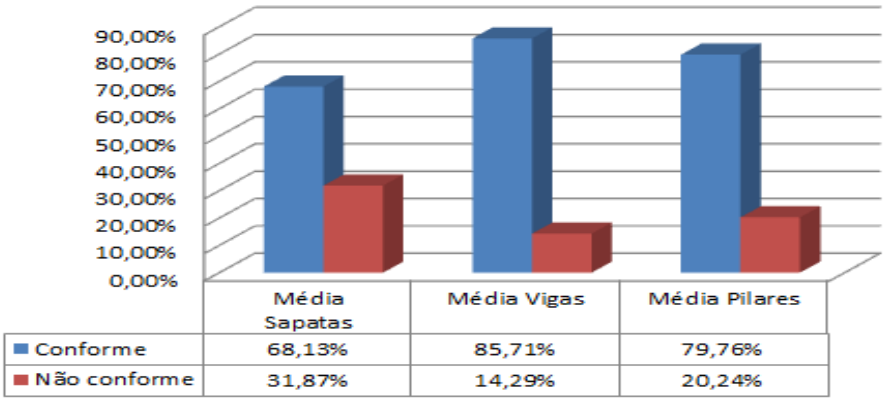



Figura 5: Média dos três elementos.

Por fim, constatou-se que nenhuma das obras inspecionadas teve 100% de conformidade em seus itens verificados no processo de execução das armaduras, porém a porcentagem de itens em conformidade foi maior do que os valores de não conformidades. Em resumo, o item referente à limpeza e ferragem apresentou conformidade em todas as obras inspecionadas e os itens de espaçamentos e cobrimento apresentou as maiores não conformidades encontradas.

Como consequência, as principais implicações patológicas que são possíveis de acontecer futuramente são: corrosão das armaduras e fissuras, atribuídas a falhas durante uma das etapas da construção como citado por Souza (2009), e no quadro 1 pode ser visualizado uma correlação entre as não conformidades com as possíveis manifestações patológicas.

Quadro 1. Correlação de não conformidades com possíveis manifestações patológicas

| Parâmetros com não conformidades | Possíveis patologias decorrentes | | |
|---|---|---|---|
| | Degradação do concreto | Corrosão das armaduras | Fissuras |
| Cortes e dobras | | | X |
| Espaçamentos | X | | X |
| Bitolas do aço | X | | X |
| Amarração | | | X |
| Quantidade de aço | X | | X |
| Cobrimento | X | X | X |

Fonte: Autor (2018).

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT, 2014. NBR 6118: “Projeto de Estruturas de concreto-Procedimento”. Rio de Janeiro, Brasil.
ABNT, 2007. NBR 7480: “Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação”. Rio de Janeiro, Brasil.
ABNT, 2007. NBR 7481: “Tela de aço soldada - Armaduras para concreto - Especificação”. Rio de Janeiro, Brasil.
Bertolini, L. Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção. v. 2. Oficinas de textos. São Paulo, 2010.
Freire, T. M. Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo. 2001. 325p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
Salgado, J. C. P. Técnicas e práticas construtivas para edificação. 2 ed. rev. São Paulo: Érica, 2009.
Souza, V. C. M. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1. ed. 5. tiragem. Editora Pini Ltda. São Paulo, 2009.
Yazigi, W. A técnica de edificar. 10. ed. rev. e atual. - São Paulo: Pini/Sinduscon, 2009.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA MADEIRA DURANTE INCINERAÇÃO: COMPARATIVO ENTRE ARAUCÁRIA *AUGUSTIFOLIA*, EUCALIPTO *GRANDIS* E PINUS *TAEDA* TRATADOS COM TINTA RETARDANTE DE CHAMAS.

**Ivanice Clades Back Müller**
Unidade Central de Ensino Fai Faculdades – UCEFF – Itapiranga- SC
ivaniceback@hotmail.com

**Dionatan Schaefer Lauschner**
Unidade Central de Ensino Fai Faculdades – UCEFF – Itapiranga- SC
dionatan_s_l@yahoo.com.br

**Jair Fiori Júnior**
Unidade Central de Ensino Fai Faculdades – UCEFF – Itapiranga- SC
juniorfiori@gmail.com

***Resumo.*** *Atualmente, com o uso ainda considerável da madeira e seus derivados em edificações, tem-se grande preocupação à riscos de incêndio. Assim, é necessário buscar meios e métodos capazes de auxiliar na redução das perdas materiais e humanas. As tintas com propriedades retardantes a chamas, possibilitam uma maior segurança ao usuário, despertando grandes interesses no ramo da construção civil. Este artigo tem como objetivo avaliar a perda de massa de madeiras, pós disposição a alta temperatura em forno mufla, determinar o teor de umidade das amostras sem tratamento de cada uma das espécies e apresentar o custo benefício da aplicação de uma e duas demãos. Foram aplicados experimentos com corpos de prova padrão (CPP) e corpos de prova com aplicação de diferentes demãos de tinta intumescente (CPTI e CPTII), em três espécies de madeira, Araucária, Eucalipto e Pinus.*

***Palavras-Chave:*** *Madeira, Tinta retardante de chamas, Prevenção de incêndio, Construção civil.*

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Rech (2014), a madeira está presente em quase todas as etapas das obras da construção civil, desde a estrutura até a mobília. Porém seu uso ainda apresenta certo preconceito devido à falta de conhecimento das propriedades físico químicas da mesma. Pode-se definir a madeira como sendo um material orgânico, heterogêneo, poroso, higroscópico e anisotrópico (JAEGER, 2013). Conforme Hortegal (2012), o reino vegetal é dividido em criptógamas e fanerógamas. As fanerógamas, que possuem maior resistência estrutural para a construção civil, classificam-se em gimnosperma e angiosperma, as quais apresentam relações genéticas entre as diferentes espécies.

As gimnospermas, dentre outras características, possuem madeira considerada mole ou macia e tem aplicação na construção civil, onde destacam-se o Pinus e a Araucária (SZÜCS et al 2015). As angiospermas possuem crescimento lento e sua madeira é considerada dura por apresentar maior resistência sobre as demais. São exemplos o Ipê, o Angico, o Jatobá (SZÜCS et al, 2015) e o Eucalipto, sendo esse da classe das dicotiledôneas (PFEIL E PFEIL, 2015).

Depois do corte, conforme Bertolini (2010), ocorre o processo de secagem da madeira sendo que, a umidade diminui para chegar a um valor de equilíbrio com o ambiente. Porém, a umidade é a condição de sobrevivência do vegetal, permanecendo na madeira extraída sob três estados, a água de constituição, que faz parte da constituição da madeira e não é eliminada na secagem (temperatura de 203° C), a água de impregnação que é a madeira úmida infiltrada ou impregnada e a água livre que ocorre após impregnar nas paredes e encher os vazios capilares. Segundo a NBR 7190 (1997), a umidade pode ser definida como condição-padrão de referência e equilíbrio da madeira em 12%. A madeira pode ser considerada seca, quando há apenas água de constituição e além disso, a densidade, que pode ser considerada a massa específica convencional, obtida pelo quociente da massa seca pelo volume saturado.

Em consequência de copiosos fatores, principalmente o clima com suas precipitações e temperaturas, as espécies Araucária *Augustifolia*, o Eucalipto *Grandis* e o Pinus *Taeda* são as de maior ocorrência na região sul do país, sendo sua aplicação nos mais variados ramos, conforme suas características, com destaque para o uso na construção civil. As árvores da Araucária *Augustifolia* apresentam copa reduzida, tronco retilíneo, dotada de madeira clara, leve, pouca

resistência ao apodrecimento e sua secagem ao ar é difícil por denotar tendência à torção e rachaduras. Conforme o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) (2016), em relação as propriedades físicas, a espécie possui densidade aparente (a 15% de umidade): 550 kg/m³ e contração radial: 4,0%, tangencial: 7,8% e volumétrica: 13,2%. O Eucalipto *Grandis*, para fins de tratamento, o alburno é permeável, porém o cerne, pela sua dureza dificulta o processo. Em geral, essa madeira é considerada difícil de secar, podendo advir defeitos como rachas, empenamentos e colapso. Em relação às propriedades físicas, o IPT apresenta os seguintes dados: densidade aparente (a 15% de umidade): 500 kg/m³ e contração radial: 5,3%, tangencial: 8,7% e volumétrica: 15,7%. Já a espécie de Pinus *Taeda*, apresenta madeira de cor clara e fibra longa e podem atingir 25m a 35m de altura (BARBOSA, 2008). É uma espécie que se adapta a vários tipos de habitat, sob ampla variação de condições ambientais (FERREIRA, 2005). Conforme o IPT (2016), em relação às propriedades físicas, possui densidade aparente (a 12% de umidade), aproximadamente: 480 kg/m³ e contração radial: 3,4%, tangencial: 6,3% e volumétrica: 10,5%.

O uso da madeira e derivados na construção civil, acarreta o aumento de riscos de incêndios e possíveis perdas expressivas (CASTRO, 2005). De acordo com Bauer (2014), a madeira natural, sem nenhum tratamento, prende fogo de forma espontânea a temperatura de 275 °C com presença de oxigênio degradando a camada superficial. A partir da exposição à 300°C pode-se classificar as estruturas de madeira em resistentes ou propagantes de chamas, diferenciando-a exclusivamente pelas dimensões das peças: Peças com espessuras menores de 20mm, são consideradas propagadoras de fogo e peças com espessuras maiores oferecem menor risco. Por ser um polímero natural, quando submetida ao fogo, a madeira sofre despolimeração e carbonização. Essas reações ocorrem com liberação de gases voláteis inflamáveis ou não, e liberam calor (FIGUEROA e MORAES, 2009).

Conforme Camillo Jr (2011), para que haja fogo, são necessários quatro elementos: o combustível, o comburente, o calor e a reação em cadeia. Para tanto, existem no mercado numerosos produtos ignífugos ou retardantes do fogo. Apesar da baixa condutividade térmica, a aplicação da tinta retardante de chamas é um excelente método para controlar incêndios que se propagam em estruturas de madeira. A mesma provoca uma barreira física (característica de tintas que apresentam em sua composição química princípios ativos intumescentes) resistente à propagação da chama com baixa ou nula produção de gases tóxicos ou corrosivos durante a queima e baixa emissão de fumaça (SANTANA et al, 2013).

Conforme Fairbanks (2013) dentre as tintas retardantes de chama, destacam-se as tintas intumescentes, que possuem aparência e acabamento semelhante às pinturas convencionais e quando entra em contato com temperaturas superiores a 200°C, se expande por múltiplas vezes, criando uma espuma densa de superfície incombustível, protegendo o substrato, das elevadas temperaturas do fogo. Para tal, tem-se necessidade da adição de três componentes a tinta: uma substância doadora de carbono, um doador de ácido e um agente de expansão. Assim, os produtos mais usados com essas características, respectivamente são, o pentaeritritol, o polifosfato de amônio e a melanina.

## 2. METODOLOGIA

Para a avaliação do comportamento da madeira durante o processo de incineração, selecionou-se amostras das espécies Araucária *Augustifolia*, Eucalipto *Grandis* e o Pinus da espécie *Taeda*. Utilizou-se em todas as etapas, a tinta intumescente CKC – 268, da fabricante CKC do Brasil, na cor branca e textura lisa, indicada para aplicação em interiores de edificações e possui resistência ao fogo de 30 min. Por se tratar de uma solução a base de água, sua aplicação ocorreu de forma simples, sendo o mesmo fornecido e aplicado no laboratório da empresa CKC, localizada no Estado de São Paulo. Com base nos dados fornecidos pela empresa CKC, a tinta é composta pelos componentes mencionados por Fairbanks (2013), na proporção de 35 a 50% de Polisfosfato de amônia, 10% a 25% de Melanina, 10% a 25% de Pentaeritritol, 5% a 30% de resina acrílica e adição de 25% a 50% de água. Na composição da tinta não há material halogênico ou amianto as quais são prejudiciais ao meio ambiente. Destaca ainda que, a referida tinta atende os parâmetros exigidos para as obras LEED, onde é necessário ter taxa VOC (Compostos orgânicos voláteis) abaixo de 250g/lt, sendo que o produto possui VOC 18g/lt. Este trabalho desenvolveu-se nas seguintes etapas:

### 2.1 Avaliação da influência da tinta intumescente nas propriedades de degradação térmica das madeiras das espécies Araucária, Eucalipto e Pinus, utilizadas na construção civil (Etapa 1).

Para avaliação da influência da tinta intumescente nas propriedades de degradação térmica das madeiras citadas, foram necessárias algumas técnicas para a caracterização, sendo elas: preparação dos corpos de prova (CP), ensaio de perda de umidade e ensaio de degradação térmica. Os CP foram preparados através da seleção de três peças de madeira de cada espécie, de forma aleatória não se atendo a uma parte específica do tronco. Após a seleção, foram confeccionadas as amostras em medidas de 3,50cm x 3,50cm x 3,50cm e após lixados com lixa 180. A confecção dessas amostras foi realizada pela Marcenaria Cristal, Itapiranga – SC. Foram utilizadas em cada experimento 5 CP de cada espécie, para um estudo mais elaborado e exato com geração de medias e desvio padrão. Confeccionados os CP, foram enviadas 5 amostras de cada espécie ao Laboratório de tintas da empresa CKC para a aplicação de duas demãos, aproximadamente 150 microns de espessura de filme seco. Conforme o relatório do serviço prestado pelo laboratório, para se obter um bom desempenho da tinta intumescente, ela deve ser aplicada em temperatura ambiente de aproximadamente 25°C não sendo recomendado a sua aplicação quando a temperatura estiver abaixo de 10°C ou a

umidade relativa do ar estiver superior a 80%. Para esse processo de aplicação da tinta, foram respeitados os seguintes critérios: Secagem ao toque: 30min, secagem completa: 4 a 6 dias, tempo entre demãos: mínimo de 6h.

Para o ensaio de perda de umidade foi realizado a alocação das 5 amostras de cada espécie na estufa de secagem a vácuo a fim eliminar a umidade presente na madeira. O equipamento utilizado é da marca QUIMIS, e efetivou-se um contínuo acompanhamento na secagem, aplicando uma temperatura de 103°C e a cada 30 min realizava-se a pesagem para a conferência da perda de massa devido a umidade oriunda da água livre e da água de impregnação. Esta etapa é concluída quando se verificar uma massa constante ou até que a diferença entre duas pesagens não exceda 5mg. Ressalta-se que as amostras tratadas com a tinta, não passaram por esse processo. Os resultados deste ensaio permitiram determinar o teor de umidade na secagem das três espécies de madeira (sem tratamento) e ainda definir o tempo necessário para a secagem de cada uma das mesmas.

O ensaio de degradação térmica foi empregado para avaliar o tempo de degradação total de cada espécie de madeira e avaliar a influência da aplicação de tinta intumescente sobre as mesmas. A técnica foi aplicada logo após o processo de secagem, com a inserção dos corpos de prova em Forno mufla. O equipamento utilizado foi da marca QUIMIS, modelo Q318. Baseada na NBR 13999, a temperatura de trabalho da mufla para a degradação dos corpos de prova de madeira foi de 525 °C ± 25°C. Para a realização desta etapa foi necessário primeiramente alocar o cadinho na estufa por 30min a fim de eliminar toda umidade. Ressalta-se o cuidado com as etapas subsequentes em relação as amostras e sua exposição ao ambiente externo como também ao manuseio (apenas com pinça) sendo que interferem diretamente no resultado final. Após identificado a massa da amostra e o peso do cadinho, foram inseridas duas amostras simultaneamente para a degradação. A cada 15min, os mesmos eram retirados, dispostos em dessecador para resfriar e passavam para a verificação da massa.

Este procedimento de incineração da madeira tem tempo limitado por Norma para disposição no forno mufla, sendo que se deve manter a temperatura de incineração por no mínimo 2h ou quando verificar na balança uma massa constante ou então que a diferença entre duas pesagens não exceda 5mg. Esse procedimento foi aplicado para amostras padrão e para as amostras tratadas. Os resultados deste ensaio permitiram avaliar o tempo de degradação das amostras padrão em comparação com as amostras tratadas, identificando a espécie de madeira com maior prolongamento de queima, possibilitando ainda avaliar a influência da tinta retardante de chamas na estabilidade térmica. Os ensaios de degradação térmica e de perda de umidade foram realizados no Laboratório de Tecnologia em Alimentos da UCEFF, da cidade de Itapiranga/SC.

### 2.2 Avaliação da influência de quantidade de demãos de tinta intumescente nas propriedades de degradação térmica das madeiras das espécies Araucária, Eucalipto e Pinus, utilizadas na construção civil (Etapa 2).

Nesta etapa, as amostras de madeira com aplicação de diferentes quantidades de demãos de tinta foram submetidas à exposição a altas temperaturas no Forno Mufla. O principal objetivo é avaliar a influência entre a aplicação de uma (CPTI) e duas demãos (CPTII) de tinta no retardo de degradação térmica e determinar uma relação de custo benefício.

Preparação dos corpos de prova: os procedimentos de preparação, elaboração das amostras e de execução foram de acordo com os procedimentos apresentados na Etapa 1, item 2.1 deste artigo. O ensaio de degradação térmica: para avaliação do efeito da exposição das amostras tratadas com tinta intumescente com diferentes demãos, foram utilizadas técnicas de exposição a alta temperatura em Forno Mufla.

O ensaio de degradação térmica dos corpos de prova tratados, foram de acordo com os procedimentos apresentados na Etapa 1, item 2.1 deste artigo. Os resultados deste ensaio permitiram avaliar o tempo de degradação das amostras com aplicação de uma e duas demãos de tinta intumescente, possibilitando a verificação quanto a eficiência no retardo da degradação térmica.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Avaliação da influência da tinta intumescente nas propriedades de degradação térmica das madeiras das espécies Araucária, Eucalipto e Pinus, utilizadas na construção civil (Etapa 1)

A Araucária, nos primeiros 30min. teve uma perda de umidade aproximada de 13%, sendo estabilizada a partir dos 90min, com uma perda total de massa aproximada de 15% ao final da secagem em estufa. A espécie Pinus, teve um comportamento de perda de umidade, similar à espécie Araucária. A perda de massa devido à perda de umidade inicial, aos 30min. foi de aproximadamente 12% sendo de forma gradativa, estabilizando aos 150min, verificando uma perda total de umidade de 19%. Já para a espécie Eucalipto, a perda de massa ocorreu de forma mais lenta e gradativa em sua fase inicial, obtendo nos primeiros 30min. somente a perda de 6% de umidade. Essa perda de umidade permaneceu praticamente constante com pouca variação até os 120min. ao qual teve apenas 11% de perda de umidade. A seguir, houve uma queda acentuada na perda de massa com o percentual de 17% aos 150min. Sua estabilização ocorreu aos 210min. apresentando perda de umidade na ordem de 18%. Após o processo de secagem das madeiras, possibilitou ainda a aplicação do Teor de umidade, citado Szücs et al (2015), obteve-se os resultados para o Teor de Umidade de cada espécie, sendo que a Araucária apresentou 16,89%, o Eucalipto 21,33% e o Pinus 22,12%.

A seguir, pode ser verificado o comparativo da perda de massa entre amostras padrão e amostras tratadas das três espécies de madeira. A figura 1 apresenta os resultados obtidos da perda de massa das amostras sem tratamento e com tratamento intumescente quando expostos a temperatura contínua de 525° C. Observa-se que aos 15 min., a perda de massa dos CPP foi de 86,41%. Já os CPT II a perda de massa é de 72,81%. Desta forma, no intervalo de 15min. de exposição percebe-se um ganho de proteção passiva na degradação térmica da madeira de 13,6% ocasionado pela aplicação da tinta. No decorrer do tempo, observa-se que os CPP estabilizaram aos 75min. com perda de massa aproximada de 99,71%.

Em contrapartida, os CPT II apresentam massa contínua após 194min. de exposição com perda de massa final de 96,05%. Percebe-se que esse diferencial de massa ao final da degradação dos CPP e os CPT II, é caracterizada pela presença de material inorgânico na composição da tinta. Presume-se ainda que houve um ganho de 119 min. no retardo da degradação térmica total da madeira da espécie Araucária. Observa-se que esta espécie teve aumento de tempo na degradação total, devido ao tratamento, comparada aos CPP de 158,7%.

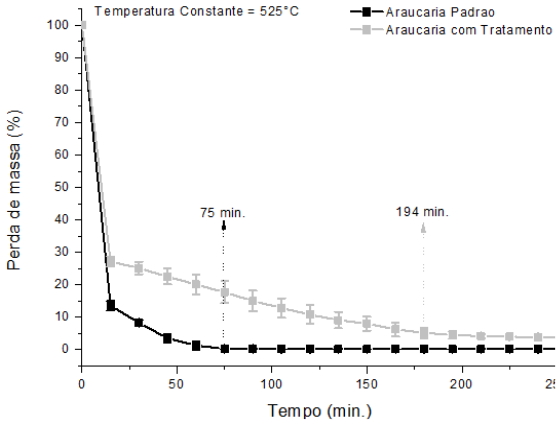



Figura 1. Perda de massa dos CPP comparados aos CPT II da espécie Araucária

Esse resultado confere com a teoria apresentada por Lepage apud Copat (2014), ao qual justifica que a base intumescente, exposta a altas temperaturas, se expande formando uma camada de espuma, inibindo a liberação de voláteis e o acesso do oxigênio a madeira retardando o processo de degradação.

Na figura 2, da espécie Eucalipto *Grandis*, observa-se um considerável aumento de tempo de exposição a temperatura de 525°C das amostras tratadas. Nos 15min. iniciais de exposição da amostra a alta temperatura, apresenta uma perda de massa considerável, aproximadamente 65,39% para os CPP e 32,43% para os CPT II. Tanto as amostras com o tratamento, quanto as sem, apresentam uma queda graduada de perda de massa.

Por meio do experimento, com os resultados apresentados na Figura 2, os CPP estabilizam sua massa aos 210 min. e os CPT II aos 330 min. Em relação ao percentual de perda de massa durante todo o processo de incineração, os CPP atingiram 99,92% e os CPT II obtiveram 98,52% de perda de massa. Os resultados obtidos ainda sob este experimento demonstram que a espécie Eucalipto *Grandis* apresentou um aumento do tempo de exposição para a ocorrência de degradação total da matéria orgânica presente na madeira, se comparada as amostras padrão, de 57,15%.

Este resultado permite identificar que a madeira da espécie Eucalipto, retarda a degradação térmica com um diferencial considerável se comparado as outras duas espécies. Mesmo sem a aplicação da tinta, ela se torna um indicador para uso e bom desempenho térmico na construção civil. Afirma-se ainda que, a massa obtida aos 30min. possui pouca variância, sendo que a diferença obtida em massa é de 1,22 %. Na degradação térmica desta espécie, identifica-se que possui pouca variância na forma física das amostras, se comparada aos das outras espécies. Aos 15min. iniciais, o CPP aparenta estar quase integro, demonstrando que a espécie Eucalipto necessita de mais tempo de exposição a temperatura de 525°C para obter degradação física das peças.

A espécie Pinus *Taeda*, nos experimentos com exposição a altas temperaturas, a madeira padrão, em seus primeiros 15 min. obteve uma perda de massa de 83,46%, ao contrário das amostras tratadas, ao qual se obtiveram 72,79% de perda de massa. Por conseguinte, outro ponto relevante, é sua estabilização que aos 105 min percebe-se que os CPP não apresentaram perda de massa, definindo sua perda de massa total em 99,86%. Com a aplicação da tinta nos CP, percebe-se um retardo de 136 min. para se obter uma massa contínua. Assim, a estabilização ocorreu aos 241 min com 95,64% de perda de massa como pode ser verificado na Figura 3.

Constatou-se que entre as três espécies, a Espécie Pinus obteve o maior retardo na degradação das amostras tratadas, sendo de 136 min até obter massa contínua sendo o fator de retardo a tinta intumescente que exposta a 525 ºC apresentou uma camada física intumescente. Essa camada inibe a liberação de voláteis inflamáveis e impede/retarda a aproximação do calor na amostra de madeira. Identificou-se ainda que esta espécie teve aumento de tempo na degradação total, comparada aos CPP de 129,5%.

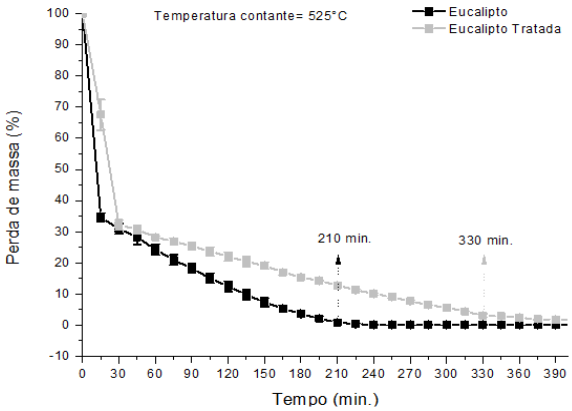



Figura 2. Perda de massa dos CPP comparados aos CPT II da espécie Eucalipto

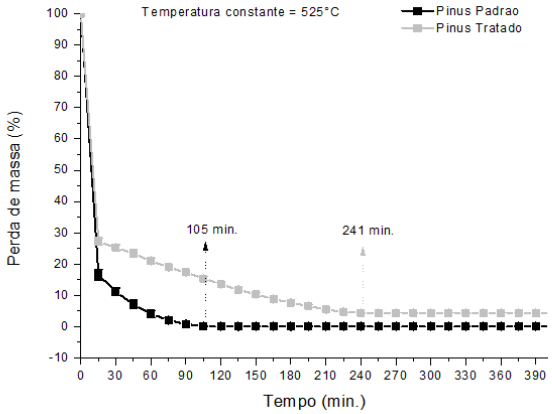



Figura 3. Perda de massa dos CPP comparados aos CPT II da espécie Pinus

### 3.2 Avaliação de desempenho das três espécies de madeira com tratamento de tinta intumescente usando uma e duas demãos (Etapa 2).

Na Figura 4, estão apresentados os resultados do comportamento da madeira da espécie Araucária no processo de degradação térmica com tratamento intumescente com uma (CPTI) e duas demãos (CPTII). Observa-se que não houve diferença no retardo da queima entra a aplicação de uma ou duas demãos de tinta. Ambas as amostras estabilizaram a sua massa aproximadamente aos 194 min, obtendo somente variação da massa final em função da matéria inorgânica presente na composição tinta.

No comparativo da espécie Eucalipto com o uso de uma e duas demãos de tinta, pode-se observar na Figura 5, que nos primeiros 15 min houve um retardo da degradação do CPT II, dissipando aproximadamente 32,43% de sua massa. Nos CPT I, verificou-se uma perda de 66% da massa, sendo que a partir dos 30min ambas as amostras tiveram um comportamento de degradação muito parecido. Apenas nesta espécie que se identificou um grande diferencial na aplicação de uma ou duas demãos de tinta intumescente

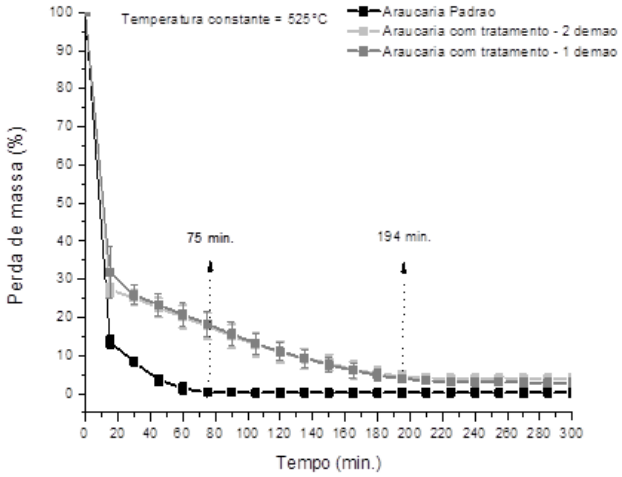



Figura 4. Perda de massa em função do tempo no comparativo de CPP, CPTI e CPT II – Espécie Araucária

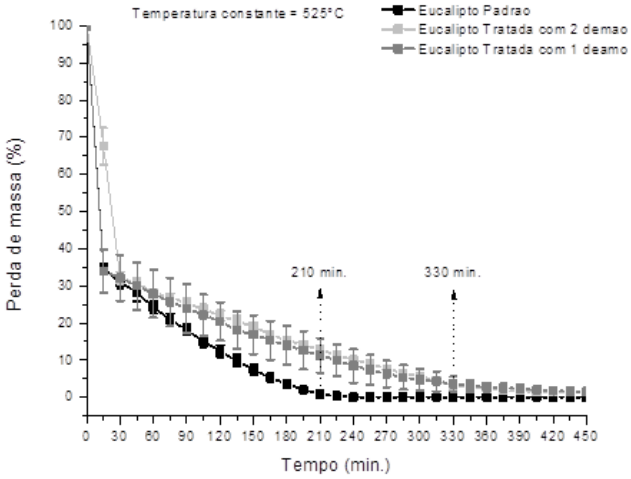



Figura 5. Perda de massa em função do tempo no comparativo de CPP, CPTI e CPT II – Espécie Eucalipto

Assim, o Eucalipto, ao contrário da espécie Araucária, teve variação significativa no retardo inicial da queima entre a aplicação de uma ou duas demãos de tinta. Ambas as amostras estabilizaram a sua massa aos 330 min. Pôde-se observar que a diferença final de massa entre os CPT I e CPT II, se deve ao material inorgânico presente na tinta.

A Figura 6 apresenta um comportamento muito próximo ao da espécie Araucária, pois não houve variação significativa no retardo da queima entra a aplicação de uma ou duas demãos de tinta na espécie Pinus. Ambas as amostras estabilizaram a sua massa aos 241 min, possuindo somente variação da massa final em função da matéria inorgânica presente na tinta.

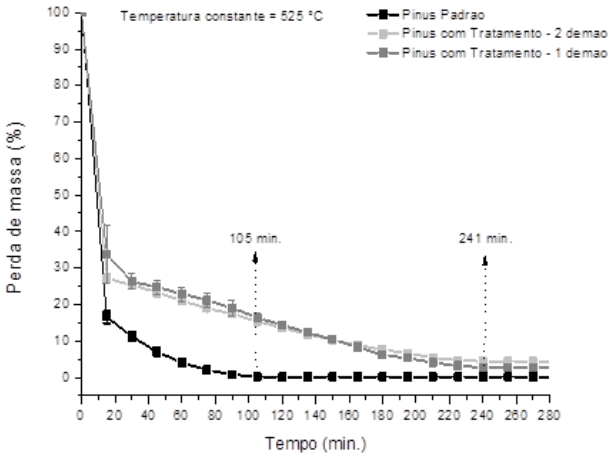



Figura 6. Perda de massa em função do tempo no comparativo de CPP, CPTI e CPT II – Espécie Pinus

Com os resultados obtidos dos experimentos, é possível afirmar que a aplicação da tinta intumescente retarda na degradação térmica da madeira, possibilitando uma maior segurança em edificações com uso desse material. Pode-se observar, na Figura 7, a ação da tinta intumescente sobre a madeira, nos primeiros 15 min. exposta a calor de 525°C. As Figuras A e B são os CPP. Já as Figuras C e D, são CPT II, sendo nítida a proteção passiva contra a chama por apresentar essa camada de espuma intumescente.

Figura 7. CPP Araucária (A), CPP aos 15min. (B), CPT II (C) e CPT II aos 15 min. (D)

## 4. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
Barbosa, C. A. Manual da cultura de Eucalipto e Pinus. 1ª Ed, Viçosa- MG, 2008.
Bauer, J. F. Materiais de Construção 2. 5ª Ed, Rio de Janeiro: LTC, 2014. p.437- 466
Bertolini, L. Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção. São Paulo: 2010. p. 212-215.
Camillo Jr, A. B. Manual de prevenção e combate a incêndios. 11ª Ed, São Paulo: Senac, 2011.
Ckc do brasil. Tinta Intumescente. Disponível em: >http://www.ckc.com.br/produtos/< Acesso em: 11 out. 2016.
Fairbanks, M. Tintas e revestimentos - como funciona a tinta intumescente. São Paulo: 2013. Disponível em: > http://www.quimica.com.br/tintas-e-revestimentos-como-funciona-a-tinta-intumescente/ < Acesso em: 13 out. 2016.
Ferreira, A. R. Análise genética e seleção em testes dialélicos de Pinus Taeda L. Curitiba: 2005.
Figueroa, M. J. M.; moraes, P. D. Comportamento da madeira a temperaturas elevadas. Florianópolis: 2009.
Hortegal,i.; Apostila de estruturas de madeiras. São Luís: 2012.
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. São Paulo. Disponível em: >http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca< Acesso em: 22 abr. 2016.
Jaeger, P. Propriedades Físicas da Madeira. União da Vitória: 2013.
Junior, C.C.; lahr, F.A.R.; brazolin, S. Madeiras na constrição Civil. In: ISAIA, G.C. (Ed.). Materiais de construção civil e Princípios de ciência e Engenharia de materiais. Vol 2. São Paulo: ibracon, 2007. p. 1149-1178.
Mora, A. L.; garcia, C. H. A cultura do Eucalipto no Brasil. São Paulo: SBS, 2000.
Pfeil, W.; pfeil, M. Estruturas de madeira. 6ª Ed, Rio de Janeiro: LTC, 2015. p.
Rech, C. Construção mostra muitas opções para o mercado de madeiras. Revista da madeira, Rio Grande do Sul, ano 125, n. 139, p. 03, mai. 2014.
Santana, P.L. et al. Tratamento anti-chamas para madeiras utilizadas na construção civil. Vol.1, Sergipe: 2013.
Szücs, c. A. Et al. Estruturas de madeira. 3ª ed, florianópolis, 2015.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O conteúdo apresentado nesse artigo é de total responsabilidade dos autores.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DA AREIA INDUSTRIAL EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO NATURAL EM CONCRETOS CONVENCIONAIS

**Eduardo Lucas Fink**
**Cristina Vitorino da Silva**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
eduardofk_13@hotmail.com / cristina@uricer.edu.br

**Beatriz Schimelfenig**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
biaschimel@hotmail.com

***Resumo.*** *A nova tecnologia desenvolvida no mundo tem como principal objetivo aperfeiçoar algo já existente, e na construção civil não é diferente, a inclusão destas implica na criação de estratégias que reduzam os impactos ambientais gerados pela extração de recursos naturais e estratégias que viabilizam condições mais econômicas de produção. Portanto, a areia natural, por ser um material de grande utilização em obras de engenharia, tem sofrido um esgotamento progressivo de suas jazidas, agredindo a natureza, e com o aumento de seu custo torna-se necessário buscar soluções alternativas. No presente trabalho efetuou-se o estudo de caracterização e avaliação do emprego de areia industrial oriunda do processo de britagem, em substituição total e parcial (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) ao agregado miúdo natural, para a produção de concretos convencionais. Assim, foi realizado o ensaio de compressão uniaxial e posteriormente foi verificada uma relação de custo beneficio deste compósito. Os resultados de ensaios físicos comprovaram que a mistura das areias apresentam uma curva mais granular e próxima da zona ótima, assim melhora-se o empacotamento dos materiais preenchendo os espaços vazios e consequentemente o aumento de resistência deste concreto. Esta resistência comprovada que, com a substituição da areia natural pela industrial apresentou aumento de 20% em relação ao traço referência em todos os ensaios.*

***Palavras-chave:*** *Impactos Ambientais, Areia Industrial, Concretos Convencionais, Ensaio.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do concreto como material estrutural dependeu do nível de conhecimento de cada época da história do homem, demorando mais de vinte séculos desde a sua descoberta, no inicio como um simples aglomerante para se tornar o maior produto fabricado pelo homem nos dias atuais (ISAIA, 2011).

Segundo Almeida (2014), o homem ao longo da história é considerado o maior agente transformador da natureza, modificando a paisagem na construção de civilizações e extraindo matéria prima do meio ambiente para fabricação de produtos que melhorem sua condição de vida. A partir dessa transformação, as grandes quantidades de resíduos gerados tornam difícil o equilíbrio entre o desenvolvimento e a preservação da natureza.

No entanto, estudos na área da construção civil têm mostrado algumas das principais preocupações aos pesquisadores, como a busca de materiais alternativos e a reciclagem de resíduos industriais, para diminuir o uso de recursos naturais, evitando, assim, a degradação do meio ambiente. E para solução da escassez desses recursos, o presente trabalho tem como estudo, a substituição de areia natural pela areia artificial (areia industrial), que correlaciona uma grande parcela com a sustentabilidade, pois além de estar encontrando um destino para um material inutilizável pelos britadores, diminui a retirada dos recursos naturais.

A areia industrial é um produto originado do peneiramento dos agregados miúdos da britagem do basalto, e é ecologicamente correta, pois diminui o impacto ambiental e poupa as reservas naturais. Além destes pontos positivos, a utilização desta traz um maior lucro para as empresas produtoras, que vão conseguir comercializar esse produto, e também aos consumidores que consequentemente pagarão um valor bem menor comparado com a areia natural, devido a uma questão estratégica do mercado.

Ou seja, a utilização deste material apresenta duas alternativas: uma com vistas à problemática ambiental, mencionada anteriormente, a partir da produção de areia manufaturada e a outra econômica. A primeira, com vista à redução dos impactos ambientais ocasionados pelo processo convencional de extração de areia, principalmente, das areias mineradas nos leitos dos rios. A segunda é de ordem econômica, pois uma das grandes vantagens da areia artificial é que a sua produção pode ser realizada no canteiro das pedreiras localizadas próximas aos grandes centros urbanos, o que reduzira seu custo.

Portanto estudos desenvolvidos mostram que o concreto é o material de construção mais utilizado no mundo, e com essa alta demanda há um grande consumo dos materiais utilizados para sua execução, onde grande parte vem de recursos minerais. Esses, com foco maior neste trabalho, nos agregados miúdos minerais que compõem o concreto, devem ser colocados em pauta para diminuir seu consumo ou ser feito a substituição por completo do material, visando a sustentabilidade, mas para isso é necessário achar uma fonte da retirada deste material que seja inutilizada para o ser humano, e compensar com o que foi retirado dos recursos minerais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Como os agregados eram abundantes, baratos e de boa qualidade, tornava-se fácil acreditar no seu papel secundário. Mas, com o incremento do uso do concreto, sua aplicação em larga escala logo colocou em evidência o seu verdadeiro papel e deu aos agregados sua real importância técnica, econômica e social. Assim nos últimos anos, leis de proteção ambiental vieram contribuir para que as empresas produtoras de concreto e a sociedade consumidora se conscientizassem que as jazidas de agregado natural dos grandes centros comerciais estavam se esgotando (ISAIA, 2011).

Nos primeiros estudos apresentados do concreto, os agregados bastavam apresentar resistência mecânica adequada, pois eram considerados materiais de enchimento na mistura por serem abundantes e de baixo custo. O avanço da tecnologia e o maior consumo de concreto colocaram em destaque qual era a verdadeira função técnica que um agregado tinha nos concretos.

O desenvolvimento tecnológico dos agregados evolui paralelamente ao desenvolvimento do concreto e em sua primeira fase evidencia apenas as propriedades mecânicas (SBRIGHI NETO, 2005). Após isso, aumentou-se a preocupação com a preservação dos meios naturais utilizados para fabricação dos compósitos (com ênfase deste trabalho), e iniciou-se a busca por alternativas para substituir os agregados miúdos naturais, assim encontrando-se um destino para os rejeitos de britagem produzidos pelas pedreiras.

O uso desses resíduos não é um assunto novo, pois segundo Menossi (2004), esses resíduos já eram utilizados em concreto em diversos países.

Com os britadores próximos aos grandes centros, e a exaustão das jazidas de agregados miúdos, o uso da areia de britagem para concreto de cimento Portland teve um aumento significativo, principalmente com valorização na questão comercial e também nas suas características técnicas, dentre elas a sua curva granulométrica, a natureza e quantidade de finos presentes, que deve ser controlada, porque o excesso pode causar um maior consumo de água, e com isso aumento de fissuras por retração (ISAIA,2011).

Na questão comercial, a utilização deste resíduo contribuiu no custo, pois além de estar trabalhando-se a favor da sustentabilidade, está utilizando-se um material com custo inferior comparando-se com um agregado miúdo natural. Além disso, esse material se encontra normalmente mais próximo do local de produção dos concretos, havendo também um menor custo com a logística de recebimento. Assim, as empresas conseguem ser mais competitivas no mercado, e para isso é necessário um estudo específico para melhor aproveitar esses resíduos e desenvolver um traço de concreto que melhor aproveite o custo/beneficio dos materiais presentes, que é um dos objetivos do presente trabalho.

### 1.1 Definição e conceito

O concreto tem como sua principal característica, a alta resistência à compressão e a baixa resistência à tração. Segundo Mehta e Monteiro (2008), com o passar do tempo, as estruturas vão se tornar cada vez maiores e mais complexas e os materiais terão que satisfazer as especificações de desempenho que serão mais rigorosas que as atuais. Inúmeras pesquisas estão em andamento para definir e desenvolver misturas de CAD(Concreto de Alto Desempenho) que apresentem, além da elevada trabalhabilidade, alta estabilidade dimensional, alta resistência e alta durabilidade.

Mehta e Monteiro (2012) questionam porque o concreto é tão utilizado como material de engenharia, se ele não é tão duro e nem tão resistente quanto o aço. A primeira razão é a excelente resistência do concreto à água, diferente dos outros materiais. Segundo, a variedade de formas e tamanhos que os elementos estruturais do concreto podem ser obtidos e terceiro o baixo custo do material e a rápida disponibilidade.

Portanto, a capacidade do concreto em resistir à ação da água sem grave deterioração, o torna um material ideal para a construção civil. E em relação ao seu custo, adicionando a areia industrial, tende a ser menor que em relação ao custo da natural, além de ter maior disponibilidade no mercado.

## 3. METODOLOGIA

Esta pesquisa buscou elaborar um programa experimental de tal forma que o mesmo permitisse a análise das variáveis de resposta de acordo com os fatores controláveis. O programa permite avaliar como o concreto vai se comportar para um fator fixo, com um teor de substituição da areia natural pela areia artificial demonstrado na Fig. 1.

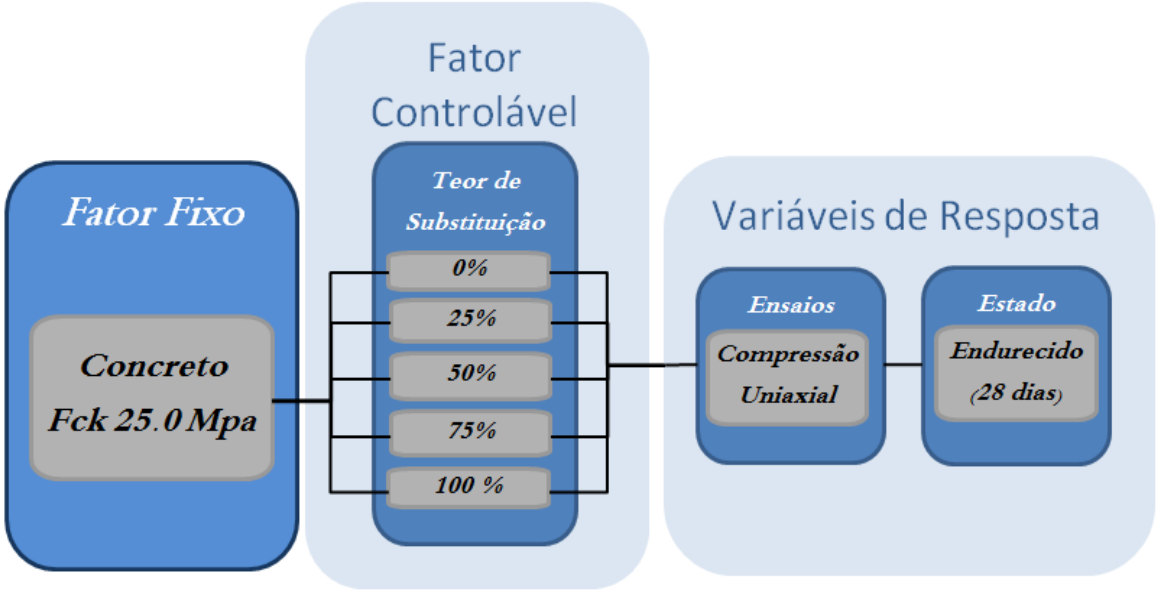



Figura 1. Programa experimental

### 3.1 Materiais utilizados

A caracterização dos materiais foi obtida segundo suas respectivas normas, sendo eles:

a) Cimento tipo CP II - Z - 32, com massa específica (ρ) de 2,95 g/cm³;
b) Agregado miúdo, a areia média de origem quartzosa natural, com dimensão máxima característica igual a 4,75 mm, módulo de finura igual a 2,24 e massa específica (ρ) de 2,63 g/cm³;
c) Agregado miúdo, a areia média de origem basáltica, com dimensão máxima característica igual a 4,75 mm, módulo de finura igual a 2,64 e massa específica (ρ) de 2,92 g/cm³;
d) Agregado graúdo é de origem basáltica, comumente conhecido como brita 1, com as seguintes características: dimensão máxima característica de 25 mm, modulo de finura igual a 6,94 e massa específica (ρ) correspondente a 2,84 g/cm³;
e) Agregado graúdo é de origem basáltica, comumente conhecido como brita 0, com as seguintes características: dimensão máxima característica de 9,5 mm, modulo de finura igual a 5,77 e massa específica (ρ) correspondente a 2,99 g/cm³;
f) Aditivo químico é um superplastificante líquido;
g) Água proveniente do abastecimento local do munícipio de Erechim/RS.

### 3.2 Dosagem experimental

O método de dosagem utilizado para esta pesquisa foi a do IPT/EPUSP, sendo assim este procedimento tem como finalidade conhecer as respectivas resistências da família de concretos. Posteriormente foi definido, através de uma resistência fixa em 25 MPa e um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, um traço referência apresentado na Tab. 1.

Tabela 1. Dosagem do concreto

| Fck | Fcj | Relação a/c | α | m | CONSUMO DE CIMENTO (kg/m³) | Substituição (%) | Aditivo (%) | Slump (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 31,6 | 0,451 | 0,52 | 4,63 | 407,08 | 0 | 0,2 | 110 |
| | | | | | | 25 | 0,2 | 110 |
| | | | | | | 50 | 0,2 | 30 |
| | | | | | | | 0,3 | 80 |
| | | | | | | 75 | 0,3 | 30 |
| | | | | | | | 0,5 | 110 |
| | | | | | | 100 | 0,5 | 70 |
| | | | | | | | 0,6 | 90 |

Nota-se que na execução destes traços com a substituição do material, assim que se aumentava o teor, o compósito absorvia mais a água, ou seja, diminuía a consistência. Logo, para ajustar tal alteração, foi utilizado aditivo superplastificante em etapas, intercalando em 0,1% até alcançar o slump ideal. Com os traços desenvolvidos e com a substituição dos materiais calculados, foi determinado o custo para cada concreto, baseado no preço médio dos materiais na cidade de Erechim, RS, conforme tabela 2.

Tabela 2 . Custo dos materiais

| Materiais | Unidade de Medida | Valor (R$) | Valor/Kg (R$) |
|---|---|---|---|
| Cimento | Sacos ( 50 Kg) | R$ 25,00 | R$ 0,50 |
| Brita 1 | Tonelada | R$ 31,42 | R$ 0,03 |
| Brita 0 | Tonelada | R$ 31,88 | R$ 0,03 |
| Areia Natural | m³ | R$ 125,00 | R$ 0,09 |
| Areia Industrial | Tonelada | R$ 37,83 | R$ 0,04 |
| Água | m³ | R$ 5,00 | R$ 0,01 |
| Aditivo | Litro | R$ 7,50 | R$ 6,94 |

## 4. RESULTADOS

Neste item estão apresentados os resultados encontrados para este estudo, sendo que os mesmos foram tratados estatisticamente visando a eliminação dos dados ilegítimos, prosseguido de análises pelo método de análise de variância (ANOVA), através do software Statistica 7.0, seguida do teste Post Hoc de Fisher.

### 4.1 Resistência à compressão uniaxial

Os valores médios da resistência à compressão uniaxial para os teores de substituição analisados encontram-se na tab. 3. O coeficiente de variação fornece a variação dos dados obtidos em relação à média, quanto menor for o seu valor, mais homogêneo serão os dados coletados, e nessas amostras rompidas, pode-se analisar que as composições que se mantiveram constante ou com baixo coeficiente de variação, foram as de 50% e 75% de adição de areia industrial, a primeira com resultados mais baixos de compressão uniaxial e a segunda com resultados mais altos.

Tabela. 3. Resultados médios de resistência à compressão e densidade em estado fresco das composições

| Combinação (%) | | Resultados Médios Compressão (Mpa) | DP | CV (%) |
|---|---|---|---|---|
| Areia Natural | Areia Industrial | | | |
| 100 | 0 | 25,12 | 0,83 | 3,30 |
| 75 | 25 | 35,29 | 1,23 | 3,47 |
| 50 | 50 | 30,34 | 0,50 | 1,66 |
| 25 | 75 | 34,15 | 0,28 | 0,82 |
| 0 | 100 | 32,35 | 2,05 | 6,33 |

A tab. 4 apresenta os resultados obtidos através da análise de variância (ANOVA) do programa Statistica 7.0 para os ensaios de resistência à compressão uniaxial.

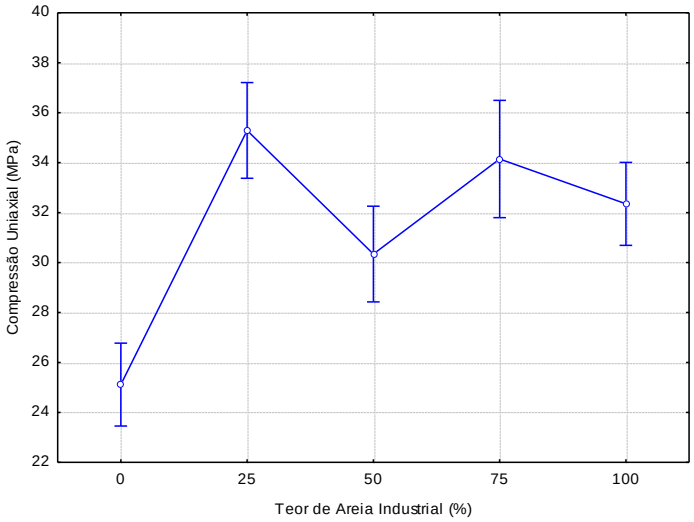
Tabela 4 ANOVA Resistência à compressão uniaxial

| Efeito | SS | GDL | MS | F (calc) | P | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Teor de Areia Industrial | 222,07 | 4 | 55,52 | 24,495 | 0,000020 | S |
| Erro | 25,03 | 11 | 2,28 | | | |

GDL: graus de liberdade (n-1); MS: média simples; F(calc): valor calculado de F; P: nível de significância; S: valor significativo; NS: valor não significativo; Se P<5% valor significativo. FONTE: O Autor.

A análise estatística dos dados de resistência à compressão uniaxial indicou que a-variável controlável (teor de areia industrial) gerou influência significativa na variável de resposta (resistência à compressão uniaxial). A figura 2 mostra graficamente, a influência do teor de substituição do agregado miúdo por areia industrial sobre à compressão uniaxial, obtida através da análise de variância (ANOVA).

Figura 2. Influência do teor de substituição na resistência à compressão uniaxial.




Através da figura 2, verificou-se que a adição de areia industrial no concreto proporcionou um acréscimo na resistência a compressão, sendo cerca de 20 % superior aos resultados alcançados pelo traço referência. Segundo klen (2008), quanto à resistência no estado endurecido, o concreto com a adição da areia industrial apresentou maior resistência mecânica com 30% de areia industrial comparado a um concreto com 100% de areia natural.

A análise feita através do teste de Fisher mostra que os teores de 25% e 75% são iguais estatisticamente enquanto que os teores de 50% e 75% são iguais em relação ao teor de 100%, ou seja, este fato mostra que é possível chegar com aos mesmos resultados com as devidas amostras.

Na realização deste ensaio percebeu-se que a mistura até 50% de adição de areia industrial teve um ótimo desempenho, tanto no seu resultado como em sua trabalhabilidade no momento de moldagem dos corpos de prova, e também, em questão da retenção de água. Após 75% de adição da areia industrial, o concreto não se mostrava homogêneo no ambiente de mistura, assim, levando a um incremento de aditivo superplastificante para manter a consistência, em consequência obteve-se uma aparência áspera, e com poucos finos, assim prejudicando a trabalhabilidade do material.

Todos os resultados de compressão uniaxial apresentaram ótimos resultados, acredita-se que a mistura que obtém a composição ideal para esse ensaio, seria entre 50% a 75% de adição de areia industrial, porem 50% apresentou bom comportamento no estado fresco.

Comparando-se esses resultados com os ensaios físicos das areias, há um aumento de resistência no concreto, pois as misturas de areia apresentam uma faixa granular ótima, compactando melhor as partículas, assim aumentando os resultados de compressão.

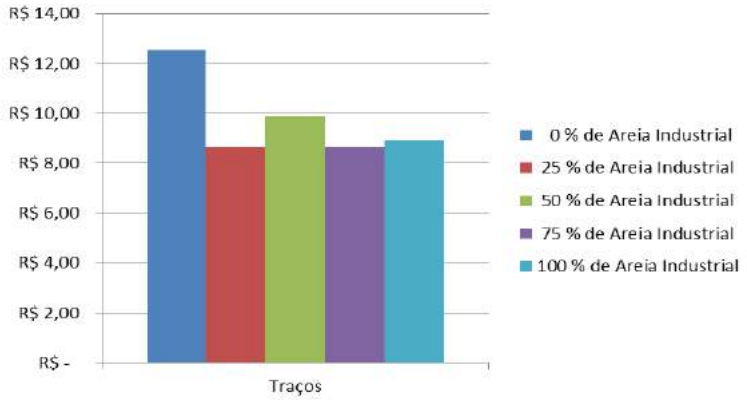
### 4.2 Análises de custos

Após a análise mecânica das composições foi realizada uma análise de custo/desempenho para os compósitos. A tabela 5 apresenta os custos por m³ e por MPa de cada traço de concreto e a figura 3, expressa os custos/ MPa calculados para cada composição. Observa-se que a areia industrial promove uma redução significativa no custo do concreto, independente do teor de substituição. E esse compósito com porcentual de areia industrial que obteve o valor mais alto, ainda teve o custo de aproximadamente 21% mais baixo que o traço referência. Portanto se ecologicamente é importante achar um fim para a areia industrial, economicamente demonstra ter resultados positivos.

Tabela 1 – Tabela de custo/m³ e custo/MPa.

| Combinação (%) | | Resultados Médios Compressão (MPa) | Custo R$/m³ | Custo R$/Mpa |
|---|---|---|---|---|
| Areia Natural | Areia Industrial | | | |
| 100 | 0 | 25,12 | R$ 315,01 | R$ 12,54 |
| 75 | 25 | 35,29 | R$ 305,73 | R$ 8,66 |
| 50 | 50 | 30,34 | R$ 299,27 | R$ 9,86 |
| 25 | 75 | 34,15 | R$ 295,65 | R$ 8,66 |
| 0 | 100 | 32,35 | R$ 289,19 | R$ 8,94 |

Figura 3 - Gráfico de custo/MPa




## 5. CONCLUSÕES

Segundo os resultados deste estudo, e em concordância com o que relata a literatura, pode-se concluir que concretos produzidos com areia industrial geram resultados satisfatórios nos ensaios mecânicos, com baixo coeficiente de variação. Ecologicamente prova que pode ser encontrado um destino para um resíduo inútil em um britador. Economicamente, os resultados mostram valores satisfatórios e interessantes. Olhando para um conjunto de resultados, o concreto com 100% de areia industrial não deve ser utilizado, pois apresenta uma baixa qualidade de produção, já os teores de 25%, 50% e 75% podem ser utilizados, pois apresentam bons resultados para as propriedades propostas pelo presente trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Gustavo S. R. de. *Gerenciamento de Resíduos na Industria de Construção Civil: Um estudo de caso.* Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção). – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014, 94 p.

ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). *Concreto: ciência e tecnologia*. São Paulo: IBRACON, 2011. 2 v. ISBN 9788598576169 (v.1)

KLEIN, Nayara Soares. *Influência da substituição da areia natural pela areia de britagem no comportamento do concreto auto-adensável.* 2008. Dissertação - Universidade Estadual de Londrina. Mestrado em Engenharia Civil, Londrina, 2008. 180 p.

MENOSSI, Rômulo Tadeu. *Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto.* 2004. vi, 97 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2004.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J.M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.* São Paulo: IBRACON, 2008. xxviii, 674 p. ISBN 9788598576121.

SBRIGHI NETO. C. *A importância dos conceitos tecnológicos na seleção dos agregados para argamassas e concretos*. Ed. Areia & Brita. V. 12; pg 26-27. São Paulo, 2003.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA MISTURA DE RCD NO AGREGADO GRAÚDO PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETOS CONVENCIONAIS

**Felipe Rodriges, Bruno Marangoni, Suelen Cristina Vanzetto**

*URI - Universidade Regional Integrada, Disciplina de Patologia das Construções, Curso de Engenharia Civil – E.C.*
*Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.*
*E-mail para correspondência: fero.d@hotmail.com,*

***Resumo.*** *O constante desenvolvimento da construção civil ao longo dos anos tem gerado grande preocupação pela situação ambiental devido a poluição gerada por descartes inadequados, sendo que muitas vezes os resíduos de construção e demolição (RCD) são depositados na natureza. Com o objetivo de contribuir com a sociedade na busca de uma correta destinação destes resíduos, foi elaborado este artigo no intuito de avaliar a aplicação dos RCD na produção de concretos convencionais. Para tanto, foi definido um traço de referência e realizada a adição de diferentes teores de agregados de RCD classificados como brita 0, junto ao agregado graúdo basáltico natural classificado como brita 1, sendo realizados ensaios com os teores agregado graúdo natural/agregado de RCD de 100/0%, 70/30%, 60/40%, e 45/55%, respectivamente. Foram moldados 3 corpos de prova para cada teor de mistura, sendo os mesmos armazenados em câmara úmida por 28 dias, completando assim o tempo de cura, e realizado ensaios de compressão uniaxial para a avaliação dos resultados.*

***Palavras chave****: RCD, concretos convencionais, brita 0.*

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que gera maior quantidade de resíduos, sendo estes muitas vezes, descartados na natureza ilegalmente. Para Pimentel (2013), o crescimento da indústria da construção civil traz benefícios para a sociedade, porém sem o controle adequado acaba gerando resíduos que causam poluição e degradação ao meio ambiente ao longo do tempo devido seu acúmulo.

Devido ao acumulo dos resíduos de construção e demolição (RCD), muitas vezes de forma inadequada, surge então uma necessidade de reciclagem do mesmo, fazendo com que, além de se evitar que estes materiais sejam depositados de forma irregular, os mesmos possam reduzir a extração de matérias primas, além de poder vir a ser uma fonte de renda para seus recicladores. De acordo com Klaus (2016), com o objetivo de diminuir os impactos ambientais causados pela exploração dos minerais utilizados na construção civil, existem diversos estudos para a aplicação de agregados reciclados de RCD como agregados graúdos ou miúdos do concreto.

Nesta pesquisa, estuda-se a viabilidade da mistura de agregados de RCD no agregado graúdo natural, para a produção de concretos convencionais, avaliando seus resultados quanto a resistência à compressão uniaxial.

## 2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi criado um fluxograma com o objetivo de explicar todas as etapas desenvolvidas.

### 2.1 Programa Experimental

A Figura 1 mostra o fluxograma esquemático das etapas realizadas no desenvolvimento da pesquisa.

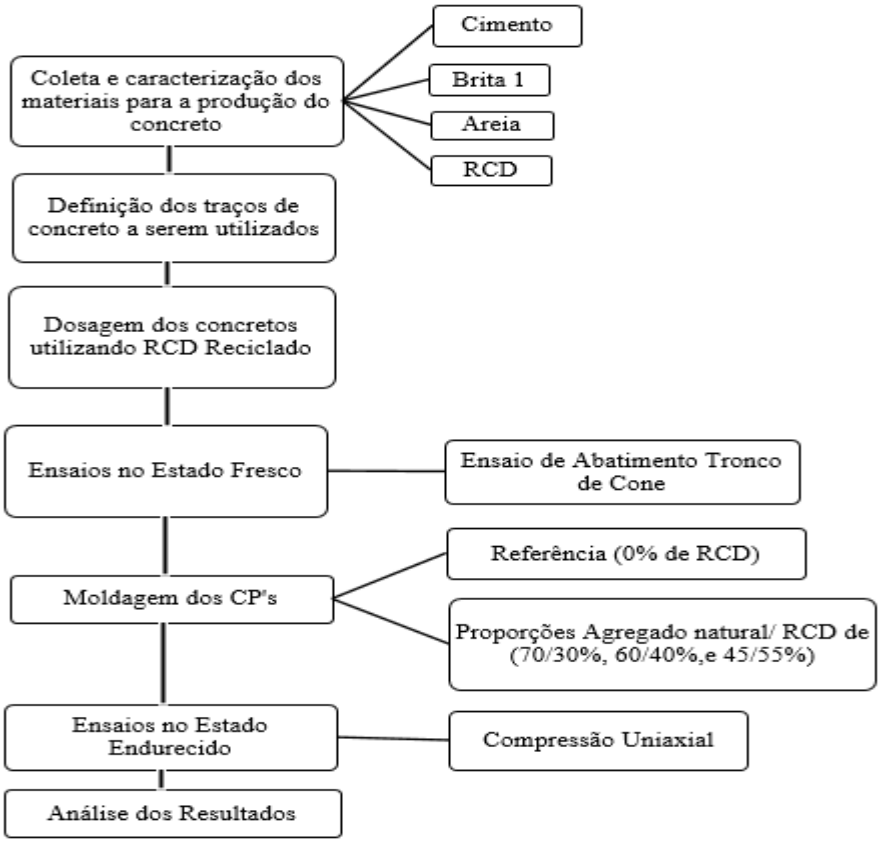



Figura 1 – Fluxograma das etapas dos ensaios realizados na pesquisa

## 2.2 Materiais utilizados

### 2.2.1 Cimento

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi utilizado como aglomerante hidráulico o cimento denominado CP II-Z, com uma massa específica de 2,95 g/cm³. Suas propriedades possibilitam diversas formas de aplicação, tornando-o um dos cimentos mais utilizados no Brasil.

### 2.2.2 Agregado Miúdo

Utilizou-se neste trabalho a areia natural de granulometria média, sua caracterização foi feita através de ensaios de massa específica (NBR NM 52/2002), massa unitária (NBR NM 45/2006), composição granulométrica (NBR NM 248/2003) e a absorção de água (NBR NM 30/2001) e os resultados podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização do agregado miúdo

| Abertura das peneiras (mm) | Média Retida (%) | Média Retida Acumulada (%) |
|---|---|---|
| 6,3* | 0,00 | 0,00 |
| 4,75 | 0,72 | 0,72 |
| 2,36 | 8,61 | 9,33 |
| 1,18 | 20,84 | 30,17 |
| 0,6 | 15,85 | 46,02 |
| 0,3 | 19,27 | 65,29 |
| 0,15 | 23,20 | 88,49 |
| Fundo* | 11,00 | 99,49 |
| Módulo de Finura | | 2,40 |
| Dimensão Máxima Característica (mm) | | 4,75 |
| Absorção de água (%) | | 0,60 |
| Massa Específica (g/cm³) | | 2,50 |
| Massa Unitária (%) | | 1,55 |

### 2.2.3 Agregado Graúdo

Neste trabalho utilizou-se o agregado graúdo de origem basáltica classificado como brita 1. Para caracterização do mesmo foram realizados ensaios de massa específica e absorção de água (NBR NM 53/2003), massa unitária (NBR NM 45/2006) e composição granulométrica (NBR NM 248/2003). Os resultados encontram-se na Tabela 2 abaixo relacionada.

Tabela 2 – Caracterização do agregado graúdo

| Abertura das peneiras (mm) | Média Retida (%) | Média Retida Acumulada (%) |
|---|---|---|
| 25* | 0,00 | 0,00 |
| 19 | 8,08 | 8,08 |
| 12,5* | 63,74 | 71,82 |
| 9,5 | 14,69 | 86,51 |
| 6,3* | 11,23 | 97,74 |
| 4,75 | 1,89 | 99,63 |
| 2,36 | 0,37 | 100,00 |
| 1,18 | 0,00 | 100,00 |
| 0,6 | 0,00 | 100,00 |
| 0,3 | 0,00 | 100,00 |
| 0,15 | 0,00 | 100,00 |
| Fundo* | 0,00 | 100,00 |
| Dimensão Máxima Característica (mm) | | 19,00 |
| Massa Específica (g/cm³) | | 2,84 |
| Massa Unitária (g/cm³) | | 1,64 |
| Absorção de Água (%) | | 1,43 |

De acordo com os valores obtidos na caracterização do agregado graúdo, o mesmo foi classificado como uma brita 1.

### 2.2.4 Agregado de RCD

Neste trabalho utilizou-se o agregado graúdo de origem basáltica classificado como brita 1. Para caracterização do mesmo foram realizados ensaios de massa específica e absorção de água (NBR NM 53/2003), massa unitária (NBR NM 45/2006) e composição granulométrica (NBR NM 248/2003). Os resultados encontram-se na Tabela 3 abaixo relacionada.

Tabela 3 – Caracterização do agregado de RCD

| Abertura das peneiras (mm) | Média Retida (%) | Média Retida Acumulada (%) |
|---|---|---|
| 25* | 0,00 | 0,00 |
| 19 | 0,00 | 0,00 |
| 12,5* | 1,90 | 1,90 |
| 9,5 | 13,52 | 15,42 |
| 6,3* | 33,37 | 48,79 |
| 4,75 | 24,00 | 72,79 |
| 2,36 | 25,40 | 98,19 |
| 1,18 | 0,76 | 98,95 |
| 0,6 | 0,19 | 99,14 |
| 0,3 | 0,17 | 99,31 |
| 0,15 | 0,25 | 99,56 |
| Fundo* | 0,43 | 99,99 |
| Dimensão Máxima Característica (mm) | | 12,50 |
| Massa Específica (g/cm³) | | 2,50 |
| Massa Unitária (g/cm³) | | 1,10 |
| Absorção de Água (%) | | 12,80 |

De acordo com os valores obtidos na caracterização do agregado graúdo, o mesmo foi classificado como uma brita 0.

### 2.2.5 Aditivo Superplastificante

Com o intuito de proporcionar melhor trabalhabilidade para o concreto com a adição do RCD reciclado foi utilizado um aditivo superplastificante, não alterando o tempo de pega do mesmo. O aditivo é para concreto, líquido, pronto para o uso e livre de cloretos.

## 2.3 Dosagem

A dosagem do concreto foi realizada utilizando o método IPT/EPUSP, com a resistência fck de 25 MPa, com abatimento de tronco de cone fixado em 100 ± 20mm. Com o teor ideal de argamassa α = 54% foram dosados os traços rico, pobre e intermediário para se encontrar o traço ideal, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Dosagem experimental

| Traço unitário (1:m) | Relação água/cimento (a/c) | Resistência potencial – 28 dias (MPa) | Consumo de cimento (Kg/m³) | H (%) | Abatimento (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1:5 | 0,60 | 36,50 | 363,02 | 13,07 | 100±20 |

## 2.4 Definição dos parâmetros de Moldagem dos corpos de prova

No momento da concretagem foi realizado o ensaio de Abatimento Tronco de cone (*Slump Test*) conforme a NBR NM 67/1998.

De acordo com as recomendações da ABNT NBR 5738/2015, foram moldados 12 corpos de prova (CP's) com moldes de 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Posteriormente, os moldes ficaram armazenados em câmara úmida por 28 dias, completando assim o tempo de cura.

Como variáveis de resposta aos 28 dias, foi realizado o ensaio de resistência à compressão uniaxial, segundo a NBR 5739/2007, que avaliou as propriedades físicas e mecânicas dos concretos estudados. Na Tabela 5, encontram-se a matriz experimental desta pesquisa e os valores de Abatimento.

Tabela 5 – Matriz Experimental e Abatimento.

| **Teor de Mistura** | **Tipo de Cimento** | **Resistência à Compressão** | **Slump(mm)** | **Numero de CP's** |
|---|---|---|---|---|
| Referência 0% | CPII-Z | 28 dias | 80 | 3 |
| 30% | | | 90 | 3 |
| 40% | | | 105 | 3 |
| 55% | | | 80 | 3 |
| Total | | | | 12 |

## 2.5 Moldagem dos corpos de prova

Anteriormente a moldagem foi executado o preparo do RCD, deixando-o submerso em água por 24 horas para saturação. Por ele ser considerado mais poroso que o material convencional e apresentar índice de absorção de água superior ao material convencional sugere-se que seja saturado antes da moldagem para evitar problemas de trabalhabilidade no momento de concretagem.

## 2.6 Ensaio de Resistência a Compressão Uniaxial

O ensaio segundo a NBR 5739/2007, especifica o método que deve ser utilizado para obter a resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos de concreto. O corpo de prova cilíndrico é colocado perpendicular ao eixo longitudinal da prensa hidráulica, onde é inserido tensões até a ruptura para medida da resistência.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Resistência a Compressão Uniaxial

Na Figura 2, encontra-se uma comparação entre as médias dos resultados dos ensaios de Resistência à Compressão onde foram utilizados teores de mistura de agregado graúdo natural/ agregado de RCD de 70%/30%, 60%40%, e 45%/55%, respectivamente, além do teor de referência, com 100% de agregado graúdo natural.

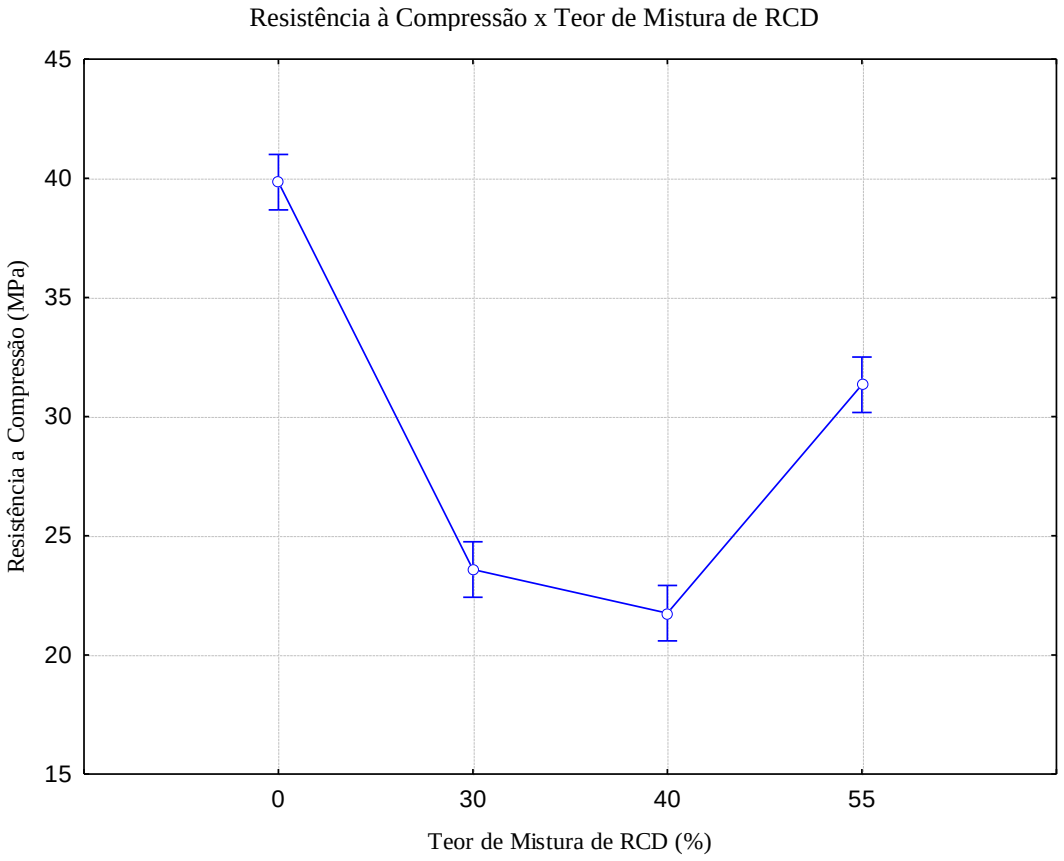



Figura 2 – Efeito do teor de mistura de RCD na resistência à compressão

Observa-se na Figura 2 que as resistências para os teores de mistura diminuíram em relação ao teor de referência. Também observou-se que para os teores de 30% e 40% não houve uma diferença significativa entre as resistências, as quais são de 23,59 MPa e 21,76 MPa, respectivamente.

Para o teor de 55% de mistura, com resistência de 31,34 MPa, observou-se contudo, que o decréscimo de resistência foi menor em relação ao teor 0% (39,84 MPa) do que os demais teores. A melhora da resistência em relação aos teores de 30% e 40% pode ser considerada pelo fato de o agregado de RCD ser classificado como uma brita 0, sendo que a dimensão e a forma do agregado graúdo podem afetar indiretamente a resistência do concreto, e que quanto maior o tamanho do agregado no concreto, maior será a tendência do acumulo de água na superfície do agregado, gerando um enfraquecimento na zona de transição na interface pasta-agregado, conhecido como exsudação (METHA e MONTEIRO, 2008).

Cunha et al. (2017) analisou a influência da variação granulométrica da brita na resistência do concreto sendo formuladas misturas entre brita 0 e brita 1 naturais na resistência a compressão uniaxial. Os resultados apresentaram um teor crescente de resistência a compressão quanto maior a utilização de brita zero na mistura, ou seja, as propriedades da brita 0 melhoraram o desempenho do concreto na resistência a compressão uniaxial.

O teor de mistura de 55% obteve resultados significativos em relação a resistência a compressão. Isto ocorre pelo correto empacotamento das partículas grossas dos agregados graúdos na mistura junto aos demais materiais, minimizando os poros da mistura. De acordo com Valenzuela e Chodounsky (2010), o alto desempenho dos concretos em relação à resistência e à durabilidade é alcançado pela combinação de empacotamento das partículas grossas (agregados), ajuste granulométrico dos finos (cimento e adições minerais), e o controle do estado de dispersão da matriz cimentícia.

## 4 CONCLUSÕES

Com relação à propriedade mecânica da resistência à compressão, o melhor resultado obtido foi do teor de mistura de 55%, atingindo uma resistência de 31,34 MPa. De acordo com Metha e Monteiro (2008), concretos entre 20 e 40 MPa são classificados como concretos de resistência moderada.

O teor de mistura de 55% foi o único traço com mistura de RCD com potencial para ser utilizado para fins estruturais, pelo fato de suas resistências características serem superiores a 25MPa, o mínimo exigido para este tipo de estrutura (METHA e MONTEIRO, 2008). No entanto sua utilização para fins estruturais ainda não é recomendada, necessitando-se de mais estudos para que se comprove a capacidade de utilização do mesmo.

Os teores de mistura de 30% e 40% com resistências características respectivamente de 23,59 MPa e 21,76 MPa não demostraram capacidade de serem estudadas para fins estruturais, porém podem ser utilizados em fundações de acordo com a NBR 6122/2010. Além disso, é possível concluir que estes teores podem ser empregados de forma não estrutural, como em blocos de concreto, calçadas, contrapisos, peças decorativas, entre outros elementos não estruturais.

## 5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 6122:Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

KLAUS, A. L. G.. Concreto convencional com substituição parcial e total do agregado graúdo por Resíduo de Construção e Demolição - RCD. 2016. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

PIMENTEL, U. H. O. Análise da geração de resíduos da construção civil da cidade de João Pessoa/PB. Universidade Federal da Bahia-Faculdade de arquitetura. Salvador/BA, 2013.

VALENZUELA, F. A. de O.; CHODOUNSKY, M. A. Novos conceitos na produção de concretos de alto desempenho para pisos industriais. 30. ed. São Paulo, 2010.

## 6 NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# REPARO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO: AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETOS DE DIFERENTES IDADES

**Francine Padilha**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
francine.padilha1609@gmail.com

**Giovani Jordi Bruschi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
gio.bruschi@gmail.com

**João Vitor Orso**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
joao13orso@gmail.com

**Pedro Parmigiani**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
pedroparmigiani@icoud.com

**Victor Matheus Kolba**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
matheuskolba@hotmail.com

**Cristina Vitorino da Silva**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
cristina@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A união entre concretos de diferentes idades é bastante usual e muitas vezes inevitável no ramo da construção civil. No entanto, é comum o aparecimento de problemas como fissuras e descolamentos na superfície de contato entre os concretos. Para evitar esse problema são utilizados técnicas e tratamentos que garantam a aderência a fim de deixar a estrutura a mais monolítica possível. Este artigo teve como objetivo avaliar a aderência da união entre concretos de diferentes idades, sendo escolhido como técnica de tratamento do concreto: (a) apicoamento e (b) apicoamento mais aplicação da resina epóxi. As amostras foram divididas em dois grandes grupos, superfícies úmidas e superfícies secas e os tratamentos foram executados para cada uma delas. O tratamento superficial de apicoamento apresentou-se como uma alternativa satisfatória para o ganho na aderência. A aplicação da resina epóxi em superfície seca apresentou um acréscimo de resistência. Porém, esse acréscimo foi menos significativo em relação ao obtido no traço com superfície seca com apenas apicoamento. Em ambos traços, a ruptura dos CPs não ocorreu na interface de ligação. Assim, observa-se que talvez o tratamento com epóxi não seja adequado para a classe de resistência do concreto empregado nessa pesquisa.*

***Palavras chave:*** *união entre concretos de diferentes idades, aderência, apicoamento, resina epóxi.*

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Galetto (2005), o concreto de cimento Portland mostra-se como um material de extrema relevância no âmbito da construção civil, devido às suas excepcionais propriedades de versatilidade, bem como as de resistência e economia. Contudo, frequentemente, deteriorações provenientes de patologias construtivas vêm sendo evidenciadas em obras de concreto. Essas patologias acarretam na necessidade de reparos e ou reforços na edificação, a fim de que a mesma possa ter suas propriedades originais reestabelecidas.

Dentre os diversos métodos utilizados em um processo de reparação estrutural, um dos mais usuais é a remoção do concreto contaminado ou deteriorado e sua recomposição por meio da ligação com outro concreto. Essa união entre os dois concretos é realizada com produtos denominados pontes de aderência

Além de reparos e/ou reforços de estruturas, as pontes de aderência podem também ser utilizadas nos casos de retomadas de concretagem durante a execução de uma estrutura, depois de determinado tempo, por suspensão temporária de atividades, o que se relaciona, por exemplo, aqueles casos em que se constroem os pavimentos-tipo de edifícios onde as continuidades das concretagens são realizadas em intervalos que podem variar de 15 dias a 30 dias, ou ainda no caso de ampliações de obras.

O produto utilizado como ponte de aderência deve promover urna união que restabeleça a integridade estrutural do componente e a durabilidade, mas para que isso seja possível, e primordial um tratamento adequado da superfície da junta, que deve estar limpa, sem poeira, óleo ou partículas soltas.

Conhecimentos inerentes à fatores influenciadores da resistência de interface entre concretos de substrato e concretos de reparação, são elementos imprescindíveis que devem ser considerados em uma recuperação ou reparo de estrutura de concreto, em que exista a necessidade de aderência de concretos de diferentes idades (SAMPAIO, 2010).

Com o intuito de avaliar o comportamento da união entre concretos de diferentes idades, foram escolhidas, como técnica de tratamento do concreto e união das zonas de interface, o apicoamento da superfície da amostra e aplicação de resina epóxi (adesivo), ambos os tratamentos foram aplicados na superfície do concreto velho com duas condições distintas, sendo elas, com superfície úmida e seca. Para analisar a influência dos tratamentos foi realizado o ensaio de compressão uniaxial, e com os valores obtidos fez-se análise estatística para averiguação da significância dos resultados e para verificar a real eficiência dos tratamentos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais utilizados

A caracterização dos materiais utilizados na produção dos concretos, obtida segundo as suas respectivas normas, é a seguinte.

a) Cimento: Portland CP II-Z, com massa específica (NBR 16605: 2017) igual a 2,95 g/cm³;
b) Agregado miúdo: areia natural, dimensão máxima característica (DMC) igual a 4,75 mm e com módulo de finura (MF) igual a 2,40 obtidos por meio da NBR NM 248 (ABNT, 2003), massa específica igual a 2,50g/cm³ (NBR NM 52: 2009);
c) Agregado graúdo: brita de origem basáltica, denominada comercialmente como brita 1, com as seguintes características: MF (6,94) e DMC (25 mm) e massa específica igual a 2,84 g/cm³, obtidos por meio das normas NBR NM 248 (ABNT, 2003) e NBR NM 53 (ABNT, 2009), respectivamente;
d) Aditivo: superplastificante baseado em uma cadeia de éter policarboxílico;
e) Água utilizada para a produção dos concretos foi proveniente da rede de abastecimento pública de Erechim (RS).

### 2.2 Dosagem experimental

O método de dosagem utilizado para este estudo foi o IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), onde os parâmetros utilizados foram a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm. Através deste método determinou-se experimentalmente um teor de argamassa de 54% como sendo o ideal. A Tab. 1 especifica os valores da dosagem experimental realizada para o cimento CP II-Z.

Tabela 1. Resultados da dosagem experimental para o cimento CP II-Z.

| Traço unitário (1:m) | Relação água/cimento (a/c) | Resistência potencial 28 dias (Mpa) | Consumo de cimento (kg/m³) | H (%) | Abatimento (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1:3,5 | 0,38 | 33,06 | 497,81 | 8,45 | 90 |
| 1:5 | 0,47 | 36,51 | 375,05 | 7,84 | 90 |
| 1:6,5 | 0,59 | 25,63 | 298,28 | 7,87 | 90 |

### 2.3 Moldagem corpos de prova

A moldagem dos corpos de prova deu-se por intermédio das recomendações normativas da NBR 5738 (ABNT, 2015), onde 6 corpos de prova cilíndricos de 100x200mm foram executados. Após a sua execução, os corpos de prova foram armazenados em câmara úmida por 28 dias para a realização da cura e posteriormente cortados diagonalmente resultando em 12 partes que foram utilizadas na união do concreto novo. Subsequente a realização do corte, os corpos de prova receberam tratamento superficial de apicoamento e limpeza das impurezas com pincel, conforme Figura 1.

Figura 1. Apicoamento e limpeza superficial dos corpos de prova do concreto velho

Para a consecução da metodologia proposta, de união entre o concreto velho e o concreto novo, 4 situações distintas foram analisadas juntamente com o concreto referência em conformidade com a Tab. 2, totalizando em 15 corpos de prova.

Tabela 2. Programa experimental.

| Traço | Superfície | Tipo de Tratamento | Número de CPs |
|---|---|---|---|
| 1A | - | Referência | 3 |
| 1B | Úmida | Apicoamento | 3 |
| 1C | Seca | Apicoamento | 3 |
| 2B | Úmida | Apicoamento + Adesivo | 3 |
| 2C | Seca | Apicoamento + Adesivo | 3 |

Conforme mostrado na Tab. 2, as amostras foram divididas em dois grandes grupos, superfícies úmidas e superfícies secas, desses, três corpos de prova úmidos e três corpos de prova secos, receberam o tratamento apenas com apicoamento, e os outros três tanto úmidos quanto secos receberam apicoamento em conjunto com a aplicação da resina epóxi.

### 2.4 Ensaio de resistência à compressão uniaxial

O método de ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto seguiu as determinações da norma brasileira NBR 5739 (ABNT, 2007). Após a moldagem, os CPs foram cobertos por um plástico, não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar a perda de água do concreto para o ambiente externo. Estes foram armazenados em superfície horizontal rígida e em ambiente livre da ação de intempéries, durante as primeiras 24 horas. Após esta etapa, os CPs foram desmoldados e mantidos à cura úmida (UR > 95 % e temperatura de 23 ± 2ºC) até o momento da realização do ensaio (28 dias).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Análise estatística

A Tab. 3 apresenta os resultados médios obtidos nos ensaios de resistência à compressão uniaxial, onde todos alcançaram a resistência estipulada de no mínimo 30MPa.

Tabela 3. Resultados médios do ensaio de resistência à compressão uniaxial.

| Traço | Médias (MPa) | Desvio padrão | Coeficiente de Variância (%) |
|---|---|---|---|
| 1A | 37,59 | 0,23 | 0,61% |
| 1B | 41,28 | 0,00 | 0,00% |
| 1C | 45,29 | 0,71 | 1,56% |
| 2B | 33,94 | 0,84 | 2,47% |
| 2C | 42,83 | 0,00 | 0,00% |

Os traços 1B e 2C apresentaram desvio padrão e coeficiente de variância igual a zero, pois após realizar o tratamento inicial dos dados para retirar os espúrios, apenas uma das amostras ficou dentro dos parâmetros pré-estabelecidos.

Os resultados da Tab. 3 foram analisados estatisticamente através do método de análise de variância. Esta análise buscou avaliar se os tipos de tratamento na união de concretos de diferentes idades causam efeito significativo na resistência à compressão uniaxial. Essa análise dos dados obtidos para a resistência à compressão uniaxial encontra-se na Tab. 4.

Tabela 4. Análise de variância - Resistência à Compressão Uniaxial.

| | SS | GDL | MS | F (calc) | P | Significância |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamento | 181,62 | 4 | 45,40 | 69,66 | 0,000143 | S |
| Erro | 3,26 | 5 | 0,65 | | | |

GDL: graus de liberdade (n-1); MS: média simples; F(calc): valor calculado de F; P: nível de significância; S: valor significativo; NS: valor não significativo; Se P<5% valor significativo

Segundo a Tab. 4, observou-se que a análise estatística dos dados de resistência à compressão uniaxial indicou que o tipo de tratamento gerou influência significativa nessa propriedade. A Figura 2 mostra a influência dos tratamentos em relação ao concreto referência (sem tratamento).

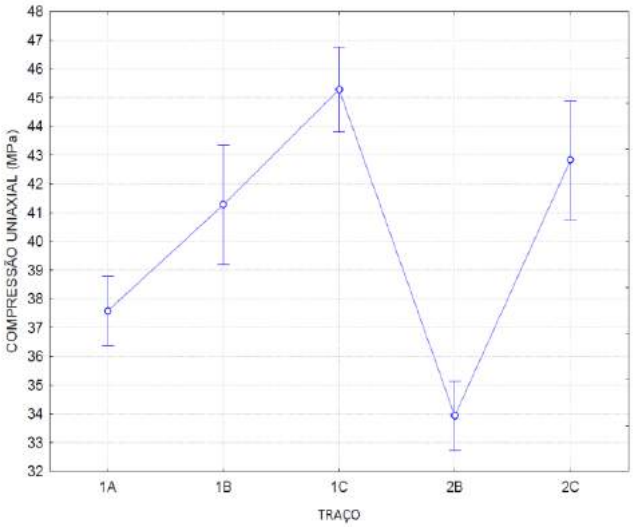



Figura 2. Efeito dos traços na resistência à compressão uniaxial

Analisando a Figura 2, observou-se que apenas o traço 2B não apresentou valores superiores ao traço referência (1A). Porém, através do teste de Fisher (Tab. 5) constatou-se que resultados dos traços 1B e 2C não se diferem entre si.

Tabela 5. Teste de Fisher.

| Traço | 1A | 1B | 1C | 2B | 2C |
|---|---|---|---|---|---|
| 1A | - | 0,010724 | 0,000139 | 0,002647 | 0,002461 |
| 1B | 0,010724 | - | 0,009822 | 0,000531 | 0,232666* |
| 1C | 0,000139 | 0,009822 | - | 0,000021 | 0,055650* |
| 2B | 0,002647 | 0,000531 | 0,000021 | - | 0,000215 |
| 2C | 0,002461 | 0,232666* | 0,055650* | 0,000215 | - |

* Valores estatisticamente iguais.

### 3.2 Análise visual do ensaio de compressão

No ensaio de compressão, observou-se visualmente que os traços 1C e 2C, independentemente do tipo de tratamento, resistiram ao rompimento não apresentando qualquer sinal de ruptura na junta de ligação conforme Figura 3. As fissuras apresentadas foram na vertical e transpassaram a emenda, permitindo-se concluir que a emenda não prejudicou o desempenho do concreto.

Figura 3. CP após rompimento (superfície seca)

Já para os corpos de prova com superfície úmida, tanto com adesivo como sem, a ruptura deu-se na junta de ligação de acordo com a Figura 4. Fato este que pode ser explicado pela falta da macro e microancoragem entre a ponte de aderência do substrato velho com o novo, tanto para os traços 1B como 2B. Essa falta de aderência justifica-se pela saturação dos poros do concreto velho impedindo a transferência da pasta entre os substratos. No caso do traço 2B, que apresentou os piores resultados, a resina epóxi não foi capaz de desempenhar sua função devidamente, pela falta de ancoragem.

Figura 4. CP após rompimento (superfície úmida)

Após a análise comparativa dos traços de mesma superfície com tratamento diferentes, observou-se que os traços com o uso de resina epóxi apresentaram valores inferiores aos traços sem o uso desse tratamento. Constatou-se que a resina epóxi não atingiu seu total desempenho, motivo este que pode ser explicado pela classe de resistência do concreto utilizado nesta pesquisa.

## 4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o comportamento de diferentes tratamentos em diferentes condições de superfície na união de concretos com idades distintas. Dentro desse contexto, foram analisados concretos com dois tipos de tratamento (apicoamento; apicoamento + resina epóxi) alternando entre superfície seca e úmida, além do concreto referência. Para tal avaliação realizou-se o ensaio de compressão uniaxial para verificar o desempenho de cada tratamento.

O tratamento superficial de apicoamento apresentou-se como uma alternativa satisfatória para o ganho na tensão de aderência. Entretanto, os corpos de prova com superfície úmida demonstraram menor capacidade quando comparados com os de superfície seca.

A aplicação da resina epóxi em superfície seca (traço 2C) apresentou um acréscimo de resistência para a ligação do concreto velho com o novo. Porém, esse acréscimo foi menos significativo em relação ao obtido no traço 1C. Em ambos traços, a ruptura dos CPs não ocorreu na interface de ligação. Assim, observa-se que talvez o tratamento com epóxi não seja adequado a classe de resistência do concreto empregado nessa pesquisa, sugerindo que para concretos convencionais talvez o tratamento mais adequado seja uma nata de concreto com o mesmo traço do substrato verificar em outros estudos.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. ABNT, 2015.

_____. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. ABNT, 2007.

_____. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

Galletto, A., Reparo de Estruturas de Concreto: Contribuição ao Estudo da Aderência. 2005. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

Helene, P. R. L.; Terzian, P., Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: PINI, 1992.

Sampaio, I. A., Avaliação de Materiais na Ligação entre Concreto Novo/Concreto Velho. 2010. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA FABRICAÇÃO DE PEÇAS PARA PAVIMENTO INTERTRAVADO (PAVERS)

**Edú Cima**
**Bruno Marangoni**
**Gabriel Luis Dalla Vechia**
**Suelen C. Vanzetto**
**URI Campus II , RS 331, Erechim – RS – Brasil**
**eng.educima@gmail.com; b-marangoni@outlook.com; gabriel-ldv@hotmail.com; suelen.van@hotmail.com**

***Resumo.*** *A questão ambiental é um tema muito discutido e pesquisado atualmente. Isto advém da constatação que os recursos naturais não são ilimitados e que o meio ambiente não tem a capacidade de absorver a quantidade atual de resíduos sem que haja um desequilíbrio ambiental. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a aplicação de resíduo de construção e demolição (RCD) na fabricação de peças para pavimento intertravado (pavers). Para tanto, definiu-se um traço de referência e realizou-se o emprego de teores crescentes de substituição parcial do agregado miúdo natural por agregado reciclado (RCD) com 25%, 50% e 100%. Após a concretagem das peças, com seus respectivos teores aplicados, avaliou-se a sua utilização através de ensaios das propriedades mecânicas e de durabilidade e ainda as influências das variações geométricas. Após execução dos ensaios a substituição com 25% mostrou-se uma alternativa bastante viável, melhorando seu comportamento mecânico, podendo ser utilizado em locais com baixa solicitação, desde que se tenha um controle adequado na separação do material reciclado.*

***Palavras chave:*** *resíduo de construção e demolição, pavimento intertravado, substituição parcial, propriedades mecânicas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Ao se reconhecer que o Planeta tem uma capacidade de suporte limitada e que o enfoque do controle da poluição não tem sido suficiente para compatibilizar a demanda humana e a disponibilidade dos recursos naturais em uma escala ecologicamente sustentável, é que surgem tecnologias que buscam um enfoque de prevenção da poluição e minimização de resíduos, como forma de evitar os desperdícios de matéria-prima e energia, convertidos em resíduos sólidos, líquidos e gasosos, responsáveis por adicionar custos aos processos produtivos e gerar problemas ambientais (AZEVEDO, 2006).

Angulo (2000) relata que os RCDs representam cerca de 50%, em massa, dos resíduos sólidos urbanos (RSU). No intuito de reduzir a deposição ilegal e sistemática dos RCD, que causa assoreamento dos rios, entupimento de bueiros, degradação de áreas e esgotamento de áreas de aterro, além de altos custos sócio econômicos, grande parte dos países no mundo investem num sistema formal de gerenciamento. Esse gerenciamento, no Brasil, está previsto na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307 do ano de 2002, cabendo aos municípios uma política municipal para os RCD, sendo de fundamental importância a reciclagem da fração de origem mineral, pois representa cerca de 90%, em massa, desse resíduo.

A geração de resíduo na construção civil pode ocorrer nas diferentes fases do ciclo de vida dos empreendimentos - construção, manutenção e reformas e demolição. Na fase de construção, a geração está relacionada às perdas nos processos construtivos, parte dessas perdas é incorporada nas construções e parte se converte em resíduo. Quando a redução da geração de resíduos não for alcançada, pode-se recorrer à reutilização e reciclagem desses resíduos como solução intermediária (JOHN e AGOPYAN, 2003).

O estudo sobre a geração de blocos intertravados utilizando resíduos provenientes da construção e demolição como forma de substituição parcial da areia, não é apenas uma nova saída para a reutilização desses meios, mas também tem um grande papel se for relacionado à diminuição dos impactos ambientais.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Materiais

Para o estudo experimental foi utilizado o cimento Portland CP V - ARI, que contém uma alta resistência inicial é particularmente interessante em pré-moldados de concreto, além do fato que desejável que os blocos de concreto para pavimentação adquirem resistências elevadas em idades recentes. O agregado graúdo utilizado na pesquisa é de origem basáltica, chamado comercialmente de brita 0, classificado na zona granulométrica 4,75/12,5 pela NBR 7211/2009. Já o agregado miúdo utilizado é uma areia média natural de origem quartzosa. O agregado de RCD utilizado, consiste em um material de resíduo de construção e demolição de uma indústria de coleta de Erechim-RS, classificada como areia média.

Utilizando um aditivo superplastificante para concreto, líquido, pronto para o uso e livre de cloretos. Atua como dispersante do material cimentício, propiciando super plastificação e alta redução água. A quantidade a ser utilizada foi de 0,1% em relação à massa de cimento, atendendo os requisitos da norma brasileira de aditivos para concreto Portland NBR 11768 (2011).

### 2.2 Programa experimental

A Figura 1 mostra o fluxograma esquemático das etapas realizadas no desenvolvimento da pesquisa.

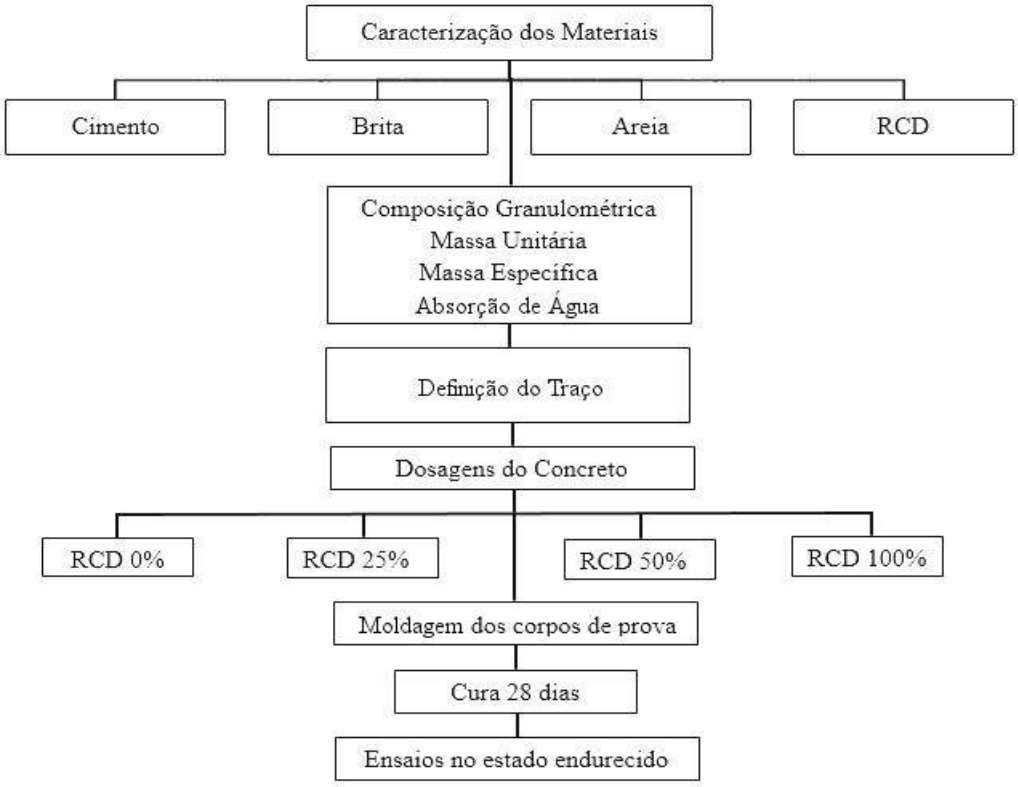



Figura 1. Fluxograma das etapas dos ensaios realizados na pesquisa.

### 2.3 Definição dos Parâmetros de Moldagem

Para a elaboração do traço para esta pesquisa foi adotada a metodologia de dosagem experimental IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992).

A partir do Diagrama de Dosagem obtido na dosagem experimental, foi definido o traço de concreto para a pesquisa, através da resistência característica (fck), de 35 MPa, definindo um concreto com traço 1:5 como referência, e com substituições parcial de 25%, 50% e total 100% de RCD, para confecção dos CP`s em forma de pavers.

Como variável de resposta aos 28 dias, foi realizado o ensaio de resistência à compressão, segundo a NBR 9781 (2013), que avaliou a propriedade mecânica dos concretos estudados. Na Tabela 1, encontra-se a matriz experimental desta pesquisa.

Tabela 1. Matriz Experimental.

| Teor de Substituição | Tipo de Cimento | Relação água/cimento | Slump Test (mm) | Variáveis de Resposta |
|---|---|---|---|---|
| | | | | Resistência à Compressão |
| 0% | CP V- ARI | 0,55 | 70 | 28 dias |
| 25% | | 0,31 | 75 | |
| 50% | | 0,34 | 80 | |
| 100% | | 0,39 | 70 | |

### 2.4 Moldagem dos Concretos

A moldagem dos corpos de prova seguiu as especificações da NBR 9781 (2013), para moldagem e cura de corpos de prova de concreto. Os corpos de prova foram moldados em forma de pavers de 16 faces, em fôrmas com dimensão de 240 X 100 X 60 mm e foram untadas com desmoldante. Para a pesquisa foram realizadas 4 concretagens, uma para cada teor de substituição (0%, 25%, 50% e 100%).

Após moldagem, os CP's foram submetidos ao processo de adensamento em plataforma vibratória. Posteriormente foram identificados e cobertos a fim de evitar a perda de água. Passadas 24 horas foram desmoldados e colocados em câmara úmida para curar até completar 28 dias.

### 2.5 Ensaio de resistência à compressão

Para o ensaio de compressão utilizou-se a NBR 9781 (2013), que prescreve o método pelo qual devem ser ensaiados à compressão dos corpos de prova. Utilizou-se a prensa hidráulica do LAPATEC (Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas), onde foram medidas as resistências à compressão aos 28 dias de idade do concreto.

O corpo de prova foi colocado centrado sobre o prato da máquina e submetido a uma carga que aumentava progressivamente até a ruptura. Foram ensaiados 6 corpos de prova para cada teor de substituição.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Resistência à compressão

Na Figura 2, estão apresentados os resultados das médias da resistência à compressão, obtidas através da média aritmética e desvio padrão.

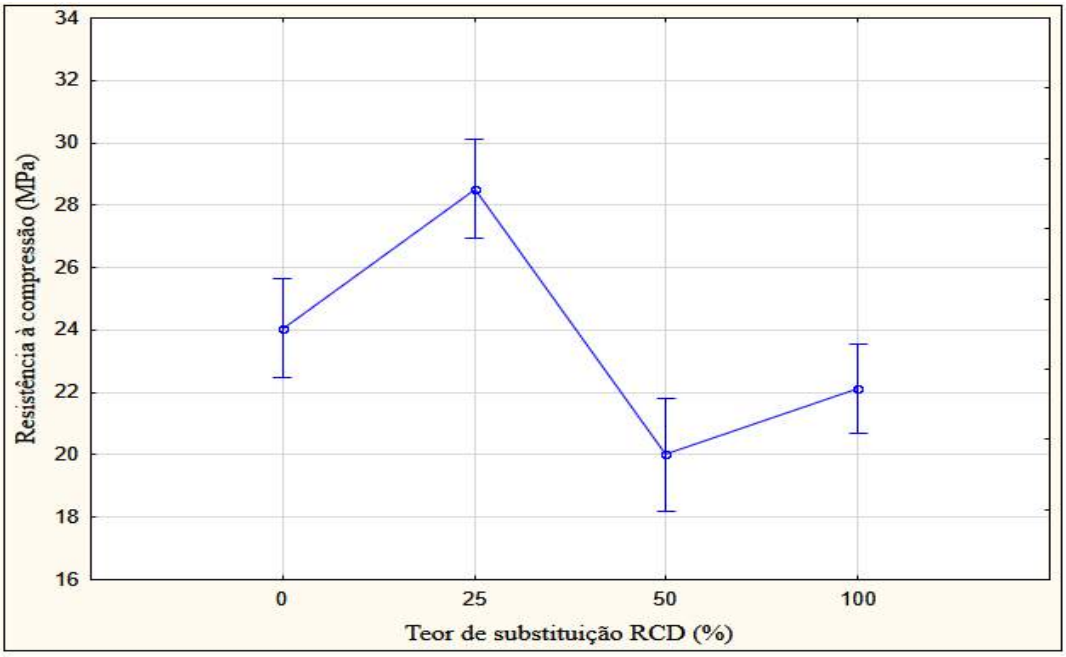



Figura 2. Efeito do teor de substituição do RCD na resistência à compressão.

Através da Figura 2, observou-se que para os teores de 50% e 100% não houve uma diferença significativa entre as resistências, às quais são de 20,00 MPa e 22,12 MPa, respectivamente. Os teores de 50% e 100% apresentam resistências aproximadas devido ao maior uso de RCD, assim constituindo um concreto com mais vazios, em consequência mais poroso.

Já para o teor de 25% de substituição com resistência de 28,53 MPa observou-se que houve um acréscimo de resistência em relação ao traço de referência com 24,05 MPa. O crescimento em relação a/c do concreto com teor de 25% para os teores de 50% e 100%, explica o enfraquecimento progressivo do concreto, no qual a relação a/c determina a porosidade da matriz, incorporando vazios de ar ao concreto, tendo como efeito, aumentar a porosidade e diminuir a resistência (MEHTA e MONTEIRO, 2011).

Segundo o método de Tukey, que avalia a diferença significativa entre duas médias de tratamento e assim analisando se os dados obtidos na pesquisa são estatisticamente iguais ou diferentes, o qual atesta se um teor pode ser substituído por outro sem perder suas características, pode-se considerar que o teor de 50% e 100% são estatisticamente iguais, no entanto, estatisticamente diferentes do teor de 25% e 0%.

## 4. CONCLUSÕES

O emprego do agregado miúdo reciclado, proveniente de resíduo da construção e demolição, na produção de novos concretos destinados à confecção de blocos de concreto para a pavimentação intertravada, mostra-se uma alternativa bastante viável, com uma substituição aceitável de 25%, sendo necessário à realização de outros ensaios para comprovação. Visto que a adição do agregado miúdo reciclado nesta concentração acarretou em uma melhoria no comportamento mecânico do concreto. Porém, é necessário destacar que o agregado reciclado apresenta uma composição distinta que depende do método produtivo e da região em que for reciclado, podendo acarretar mudanças significativas no comportamento do concreto.

Comparando com o que a norma NBR 9781 (2013) estabelece, com resistência mínima de 35 MPa, verifica-se uma baixa na resistência, porém, segundo Vieira (2014) demostra que os blocos intertravados podem ser utilizados em locais com baixas solicitações como, por exemplo, praças, calçadas, ciclovias e condomínios residenciais, necessitando apenas de uma resistência maior ou igual a 20 MPa.

Países como Austrália e África do Sul, que dominam essa técnica de fabricação e vem utilizando a pavimentação com pavers há muito mais tempo que o Brasil, dispõem de normas que especificam resistências mínimas de 25 MPa, atingindo outros ensaios importantes como por exemplo, desgaste por abrasão e expansão dos agregados por umidade (FIORITI *et al.*, 2006). Desta forma o traço produzido com 25% de RCD demostrou-se vantajoso para confecção de paver, atingindo uma resistência à compressão de 28,53MPa.

## 5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Cimento Portland. *Guia básico de utilização do cimento Portland*. 7ed., vol. 106. São Paulo 2002.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9781 - *Peças de concreto para pavimentação*. Rio de Janeiro, 2013.

NBR 15953: *Pavimento Intertravado com Peças de Concreto - Execução*. Rio de Janeiro, 2011.

Angulo, S. C. *Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados*. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

Azevedo, Gardênia Oliveira de; Kiperstok, Asher; Moraes, Luis Roberto Santos - *Resíduos da construção civil em salvador: os caminhos para uma gestão sustentável*, Vol.110 - Nº 1, 65-72 - jan/mar 2006.

Fioriti, César Fabiano; Akasaki, Jorge Luis; Ino, Akemi. *Fabricação de pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de recauchutagem de pneus*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, USP, 2006.

John, V. M.; Agopyan, V. *Reciclagem de resíduos da construção*. In: Seminário Reciclagem de Resíduos Domiciliares, São Paulo. Anais... Disponível em: <www.reciclagem. pcc.usp.br>. Acesso em: 12 ago. 2003.

Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: IBRACON,2011.

Vieira, A. P. N. B. *Viabilidade técnica da fabricação de compósitos utilizando fibra de pneu na fabricação de blocos intertravados*. 2014. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RECYCLING CHALLENGES: A NEW PERSPECTIVE ON WASTE REUSE IN THE CONSTRUCTION SECTOR

**Giovani Jordi Bruschi**
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com I paulo_rdutra@outlook.com

**Levino Bertochi Junior**
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC PR - Programa de Pós Graduação em Administração (PPAD) / Mestrando 2018
levinojunior@gmail.com

***Abstract.*** *This article pledges with the state-of-the-art of the characteristics of waste reuse carried out by the civil construction sector. Draws upon a theoretical exposition, whose applied methodology was the desk-research, based on congress proceedings, Digital Thesis Bank, as well as books dated from 1986 to 2017, holding as key-words waste reuse, construction sector, sustainability, challenges. The paradigm of sustainable development has been consolidated as a fundamental reference to guide all human activities. The productive chain activities of the civil construction cause an environmental impact proportional to its size, being even the largest consumer of natural raw material and largest generator of waste of society. Recycling of construction and demolition waste is technically and environmentally feasible. The risk of environmental contamination by this type of recycling can be considered low. Several Brazilian prefectures already operate RCD recycling plants, producing aggregates mainly used in paving works. The challenge of the next period is to generalize the practice, including through the viabilization of private activity. For this goal to be achieved, consistent public policies are needed, covering the areas of legislation, research and development, tax legislation and environmental education.*

***Keywords:*** *waste reuse, construction sector, sustainability, challenges.*

## 1. INTRODUCTION

The increase in construction activities in Brazil has contributed to an increase in the consumption of energy, water and natural resources, as well as contributing to the increase of the volume of solid waste disposed in the environment, causing great environmental impact.

The prospect of increase in the number of solid waste has generated studies in several countries, regarding the possibilities of reuse of these residues as aggregates (PASSER et al., 2016). Compared to first-world countries, recycling of waste in Brazil as building materials is still timid, with the possible exception of the intense recycling practiced by the cement and steel industries (MICELI et al., 2017).

Construction activities require a remarkable amount of inert materials, such as sand and gravel, usually supplied through the extraction of alluvial sediments, which modify the profile and balance of rivers, as well as introduce environmental problems, such as changes in their structure hydrological and geological hydrology. Extraction of inert material from rock formations in rugged and mountainous areas is also an environmentally damaging activity, as it alters and destabilizes the landscape (MJORNELL et al., 2014). Therefore, the substitution of conventional aggregates for recycled aggregates has several advantages, such as savings in the acquisition of raw material, reduction of pollution generated by the production of aggregates and improvement in the preservation of natural reserves of raw material on the planet (PREISER et al. 2005).

Finding solutions to reduce the environmental impacts of the activities developed by the civil construction sector is therefore of fundamental importance for the promotion of a broader sustainable development, especially in the environmental aspects related to the rational use of resources, and to the disposal waste.

## 2. SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The most accepted definition for sustainable development, in consonance to Schops et al (2017), is the development that can meet the needs of the current generation without compromising the ability to meet the needs of future generations. It is development that does not deplete resources for the future.

The principle of sustainable development is contemplated in the Brazilian Constitution of 1988, which is in force until now, which states that Everyone has the right to an ecologically balanced environment, a common use of the people and essential to a healthy quality of life, imposing public power and the collective the duty to defend and preserve it for present and future generations (JENSEN et al, 2017).

However, the effective establishment of an economic model within the principles of sustainable development presupposes the active participation in individual and collective actions in the local, regional and global spheres.

The promotion of this model demands the participation of the state, of course, however, companies and individuals should collaborate to reduce the exploitation of raw materials, rational use of resources such as drinking water and energy, always seeking to avoid waste.

According to Ma et al (2012), it is not possible to talk about sustainable development without the civil construction undergoing profound transformations. The same author also mentions that the productive chain of this branch has important environmental impacts in all stages of its process: extraction of raw materials, production of materials, construction, use, demolition, and that it corresponds to 14% of Brazil's economy. Any human activity needs a built environment suitable for its operation. Any society seriously concerned with this issue should put the improvement of civil construction as a priority.

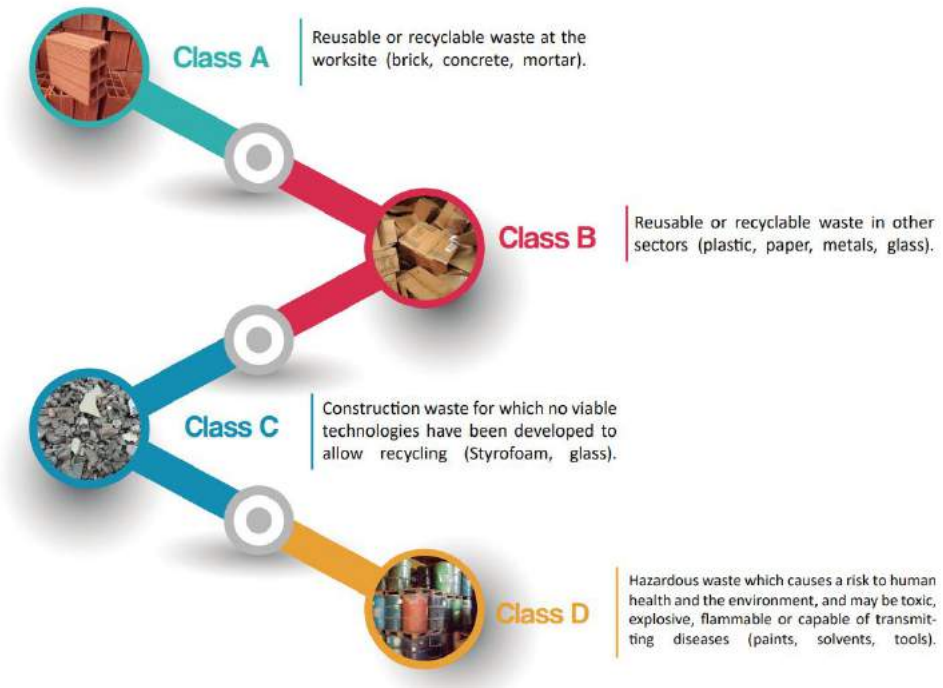
The construction engineering industry is one of the largest consumers of natural raw materials and is estimated to use between 20 and 50% of the total natural resources consumed by society. The industry consumes huge quantities of materials with significant energy content, which need to be transported over large distances. It is estimated that about 80% of the energy used in the production of a building is consumed in the production and transportation of materials (FEMENÍAS et al, 2018).

## 3. SOLID WASTE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION

Solid Waste from Construction and Demolition (SWCD) are those generated at construction sites from construction, renovation and demolition, such as bricks, ceramic blocks, concrete in general, etc. SWCDs are the leftovers of the constructive process (MALMGREN, 2016).

The final disposal of these wastes is becoming more complicated every day due to transportation costs and the difficulty of finding areas that meet environmental requirements.

The management of the SWCD should be the responsibility of the municipality and the generator sector. To know the final disposition of the waste, as well as the management of the waste, it is necessary to know its classification. According to resolutions 432 and 448 (CONAMA, 2011 and 2012), SWCD are classified according to Figure 1.




In addition to this classification of waste, which makes possible a more adequate management, as well as the aid for their use as alternative material (recycled) in several areas of civil construction, this resolution also establishes that they cannot be disposed of in landfills of household waste or boot-off. It also establishes that the competence to manage them rests on the responsibility of municipal governments (NEMTY et al., 2010).

The implementation of measures to reduce environmental impacts from the activities of the civil construction sector is necessary, given the immense volume of this waste generation, as well as the inconveniences caused by it.

In accordance with Malmgren et al (2016), separating the waste according to its class, from the beginning of the work, is a dynamic activity that takes some time. Depending on the stage in which the work is (foundation, structure, masonry or finish), the volume of waste generation of each type of its class, differ greatly. This separation is delayed by the fact that RCD is generated in the sector where there are different production methods. Thus, the average characterization of this residue is conditioned to specific parameters of the generating region of the analyzed residue.

According to Gohardani et al (2013), practically all the activities developed in the civil construction sector generate RCD, and its high and controversial loss index is the main cause of waste.

## 4. ENVIRONMENTAL BENEFITS

Within the problem of environmental pollution, an important factor refers to the increase in the generation of construction waste (RCC) and construction and demolition waste (RCD). According to Chung and Lo (2007), these residues account for approximately 50% of the solid waste stream generated by cities in developed countries, and this can often amount to more than 60% of total solid waste produced (IPEEC, 2017).

In 1999, through Agenda 21, some criteria were defined as a basis for the sustainability of the civil construction industry, such as: (i) Reduction of energy consumption and extraction of natural resources; (ii) Conservation of natural areas and biodiversity; (iii) Maintenance of the quality of the built environment; (iv) Reduction of material losses with improvement of construction processes; (v) Recycling of waste from the construction industry, so that it can be reused as building materials; and (vi) Durability and maintenance of buildings.

According to Pinto (1999), in medium and large Brazilian cities, waste from construction and demolition accounts for 40 to 70 percent of the total mass of municipal solid waste. Consequently, this type of waste has received great attention from municipalities and other responsible bodies, due to the problems caused by inadequate collection and disposal, as they end up paying the costs of removal, transportation and final disposal when the offenders are not identified.

The amount of materials and energy required for the recycling process can have a great impact on the environment. Every recycling process requires energy to transform the product or treat it in a way that makes it appropriate to re-enter the production chain. Such energy will depend on the proposed use of the waste, and will be directly related to the transformation processes used. In addition, often only energy is not enough for the transformation of the waste. Raw materials are also required to modify it physically and or chemically (GRANQVIST et al, 2017).

Like any other activity, recycling can also generate waste, whose quantity and characteristics will also depend on the type of recycling chosen. These new wastes are not always as or simpler than those that have been recycled. It is possible that they become even more aggressive to man and the environment than the waste that is being recycled. Depending on their haziness and complexity, these tailings can cause new problems such as the impossibility of being recycled, the lack of technology for their treatment, the lack of places to dispose of it and the cost of doing so. It is also necessary to consider the waste generated by the recycled materials at the end of their useful life and the possibility of being recycled again - thus closing the cycle (GOHARDANI et al, 2013).

## 5. SOLID WASTE RECYCLING

Within the problem of environmental pollution, an important factor refers to the increase in the generation of construction waste (RCC) and construction and demolition waste (RCD). According to Ma et al (2012), these residues account for approximately 50% of the solid waste stream generated by cities in developed countries, and this can often amount to more than 60% of total solid waste produced.

Compared to first world countries, the recycling of waste in Brazil as construction materials is still timid, with the possible exception of the intense recycling practiced by the cement and steel industries. This delay has several components. First, the repeated economic problems and pressing social problems occupy the agenda of political discussions (PINTO, 1999).

Even the most systematic discussion of solid waste is recent. In the State of São Paulo, the discussion of a State Solid Waste Policy has only recently started, in the form of a text of law approved by the State Environmental Council. This draft Law establishes a systematic waste policy, including waste minimization and recycling tools. Currently, a text in CONAMA is under discussion that consolidates the 6 bills underway in the National Congress.

Thus, to a large extent the environmental issue in Brazil, is still treated as a problem of nature preservation, particularly endangered forests and animals, deposition in properly controlled landfills and control of air pollution, with the state acting the role of police. The recent federal law on environmental crimes (nº 9.605, Feb. 13, 1998) reveals a state that is even more focused on punishing transgressions against existing environmental legislation than on articulating the different social agents in reducing the environmental impact of activities, even legal ones, development. A counterpoint to this predominantly police action was the initiative by the Government of the State of São Paulo, through CETESB, to implement 17 Sectoral Environmental Chambers, including civil construction.

Recently the federal government through the old Ministry of Industry, Commerce and Tourism No. 92 (August 06, 1998) created an inter-ministerial working group with the objective of elaborating a proposal for a Brazilian Recycling Program that establishes guidelines to increase and enhance the use of industrial waste, minerals and the development of the national industrial recycling plant (MCT, 1999). Although the ordinance has established a deadline of 90 days for the closure of the work, so far there are no practical developments and it is feared that the initiative has been affected in the transition process of the federal government.

A positive measure was the promulgation, on May 12, 1999, of the São Paulo State Law No. 10.311, of *Selo Verde*, a certificate of environmental quality, to be conferred by CETESB, to establishments based in the State of São Paulo that execute programs for the protection and preservation of the environment, with effective compliance with environmental standards (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO, 1999). Although not aimed at product identification, this is a significant step forward.

The lack of these environmental quality product brands shows that, unlike other countries, Brazilian companies that recycle do not use their environmental contribution as a marketing tool, although the consumer, maintaining the price and quality, prefer products with less environmental impact (Moreno, 1998). One of the possible causes for this apparent lack of interest is a possible fear that the uninterested public will associate the recycled product with poor quality product. This doubt can only be solved through market research.

## 6. CONCLUSION

The paradigm of sustainable development has been consolidated as a fundamental reference to guide all human activities. The productive chain activities of the civil construction cause an environmental impact proportional to its size, being even the largest consumer of natural raw material and largest generator of waste of society.

Recycling of construction and demolition waste is technically and environmentally feasible. The risk of environmental contamination by this type of recycling can be considered low. Several Brazilian prefectures already operate RCD recycling plants, producing aggregates mainly used in paving works. The challenge of the next period is to generalize the practice, including through the viabilization of private activity. For this goal to be achieved, consistent public policies are needed, covering the areas of legislation, research and development, tax legislation and environmental education.

In the face of the debate on the environmental sustainability of construction, measures such as the collection and reuse of wastes from non-renewable natural resources are shown to be promising and point the way to more in-depth studies, both with regard to the role of public power and initiative private partnerships in the regulation, management and operationalization of actions such as those described in this paper, as well as the possible uses of these commonly discarded materials, which may become valuable in the face of the scarcity of some nonrenewable natural resources.

Civil construction, due to its gigantism, regional capillarity, characteristics and variety of materials that it employs, has the potential to recycle its own waste as well as to increase the recycling of waste from other industries. This vocation for recycling already manifests itself today, since the productive chain of civil construction is already the main recycler in society. Recycling of waste is a way for the sector to contribute to reducing its significant environmental impact, getting closer to achieving sustainability.

## 7. REFERENCES

A. Passer, C. Ouellet-Plamondon, P. Keneally, V. John, G. Habert, “Impact of future scenarios on building renovation strategies towards plus energy buildings”, *SBE16 Zurich 124* (2016).

E. Micelli, A. Mangialardo, “Recycling the city new perspective on the real-estate market and construction industry”, *Green Energy Technol* (2017) 115–125.

F. Nemry, A. Uihlein, M. Colodel, C. Wetzel, A. Braune, B. Wittstock, I. Hasan, J. Kreißig, N. Gallon, S. Niemeier, Y. Frech, “Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union-Potential and costs”, *Energy Build.* 42 (7) (2010).

F. Pacheco-Torgal, C.-G. Granqvist, B.P. Jelle, G.P. Vanoli, N. Bianco, J. Kurnitski, “Cost-effective Energy Efficient Building Retrofitting: Materials, Technologies, Optimization and Case Studies”, *Elsevier Ltd*, 2017.

H. Moreno, “O foco ambientalista da construção civil. In: Seminário Materiais&Design – Interface no desenvolvimento do produto”. Anais. São Carlos, 1998. *FIESP, UFSCAR, SEBRAE*. 1998. p.174-182.

IPEEC “Building Energy Efficiency Task Group, Existing Building Energy Efficiency Renovation” (2017).

K. Mjörnell, A. Bass, M. Lindahl, S. Molnar, “A tool to evaluate different renovation altenatives with regard to sustainability”, *Sustain. Times* 6 (2014).

L. Malmgren, S. Elfborg, K. Mjörnell, “Development of a decision support tool for sustainable renovation – a case study”, *Struct. Surv*. 34 (1) (2016).

MCT "Consultoria jurídica. Portaria nº92, de 06 de agosto de 1998". Avaiable in <http://www.mct.gov.br/conjur/POR92_98.htm>.

N. Gohardani, F. Björk, P.A. Jensen, E. Maslesa, S. Kanarachos, P.A. Fokaides, "On stakeholders and the decision making process concerning sustainable renovation and refurbishment in Sweden", *Denmark and Cyprus, Archit Environ 1* (2013) 21–28.

P. Femenías, K. Mjörnel, L. Thuvander, "Rethinking deep renovation: the perspective of rental housing in Sweden*", J. Clean. Prod*. (2018).

P.A. Jensen, J.B. Johansen, C. Thuesen, "Prerequisites for successful strategic partnerships for sustainable building renovation", *Proceedings of 9th Nordic Conference on Construction Economics and Organisation* (CEO 2017), Chalmers University of Technology, June 2017.

Secretaria Do Meio Ambiente Do Estado De São Paulo. "Governo do estado institui Selo Verde para produtos que respeitam a natureza". Avaiable in: <http://www.ambiente.sp.gov/not2105c.htm>.

T. Schöps, T. Sattler, C. Häne, M. Pollefeys," Large-scale outdoor 3D reconstruction on a mobile device", *Comput. Vis. Image Understand.* 157 (2017).

T.P. Pinto, "Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana". São Paulo, 1999. 189p. Thesis (Doctorate) - Polytechnic School, University of São Paulo.

W.F.E. Preiser, J. Vischer (Eds.), "Assessing Building Performance", *Elesevier*, 2005

Z. Ma, P. Cooper, D. Daly, L. Ledo, "Existing building retrofits: methodology and state-of-the-art", *Energy Build*. 55 (2012) 889–902.

## 8. RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# THE CONSTRUCTION OF SUSTAINABILITY: THE IMPORTANCE OF SOCIAL AWARENESS IN THE CIVIL ENGINEERING FIELD

**Giovani Jordi Bruschi**
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com

**Levino Bertochi Junior**
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC PR - Programa de Pós Graduação em Administração (PPAD) / Mestrando 2017
levinojunior@gmail.com

***Abstract.*** *This article pledges with the state-of-the-art of the characteristics of sustainability carried out by the civil construction sector. Draws upon a theoretical exposition, which applied methodology was the desk-research, based on Congress proceedings, Digital Thesis Bank, as well as books dated from 2000 to 2018, holding as key-words sustainability, civil construction, clean construction, sustainable methods. The conceptualization of sustainability in construction varies according to the position of the etymologist. Several authors conceptualize it lending a personal approach concomitant with the familiar area: the ecologist, the biologist, the engineer and even the layman, but the latter, conscious of his responsibility and insertion in the environment in which he lives. The need to demolish existing buildings due to compromising their structural safety or functional obsolescence can be avoided if it is possible to continue occupying the building. The best way to reduce waste from a demolition is to prevent it from occurring by perpetuating the use of the building. The building maintenance prolongs its useful life, provides the conservation and good appearance of the construction, maintains the structural safety conditions and the construction as a whole.*

***Keywords:*** *sustainability, civil construction, clean construction, sustainable methods.*

## 1. INTRODUCTION

The conceptualization of sustainability in construction varies according to the position of the etymologist. Several authors conceptualize it lending a personal approach concomitant with the familiar area: the ecologist, the biologist, the engineer and even the layman, but the latter, conscious of his responsibility and insertion in the environment in which he lives (BAHAMÓN 2010).

In accordance with Coelho, et. al. (2013), the history of the world shows that civil construction has always existed to meet the basic and immediate needs of man without concern, preliminarily, with the improved technique.

The constitution of the cities demanded qualification and techniques more appropriate and advantageous construct buildings more and more sustainable. With this, the buildings designed with social responsibility arise.

In consonance with Warburton (2003), it is urgent to identify the technical characteristics that allow the execution of an ecologically correct building such as air conditioning, the positioning of the facade in relation to the source/sunset of the sun, solid waste disposal, water reuse, among others.

We also need a deep reflection of the main causes of an inadequate or hasty preliminary study of the initial phase of the project, such as lack of observation of the magnetic orientation, inconsistent analysis of the correct use of the building, concern only with constructive financial issues without projecting maintenance costs of this building.

## 2. SUSTAINABLE BUILDING AND BASIC PRINCIPLES

The incorporation of sustainability practices in construction is a trend in the market. Its adoption is "a path without a return" because of different agents - such as governments, consumers, investors, and associations - and urge the construction industry to incorporate these practices in their activities (MILIUTENKO, 2013).

To do so, the construction industry needs to engage more and more. Carley (2000), asserts that the companies must change their way of producing and managing their works. They should make an agenda of progressive introduction of sustainability, seeking, in each work, solutions that are economically relevant and feasible for the development.

Any human enterprise to be sustainable must balance, four basic requirements: (i) Environmental suitability; (ii) Economic viability; (iii) Social justice; and (iv) Cultural acceptance.

The notion of sustainable construction must be present throughout the life cycle of its conception to its re-qualification, deconstruction or demolition. It is necessary to detail what can be done at each stage of the demonstrating environmental aspects and impacts and how these items should be worked to move to an enterprise that is: a sustainable idea, sustainable deployment and sustainable housing (LOZANO, 2013).

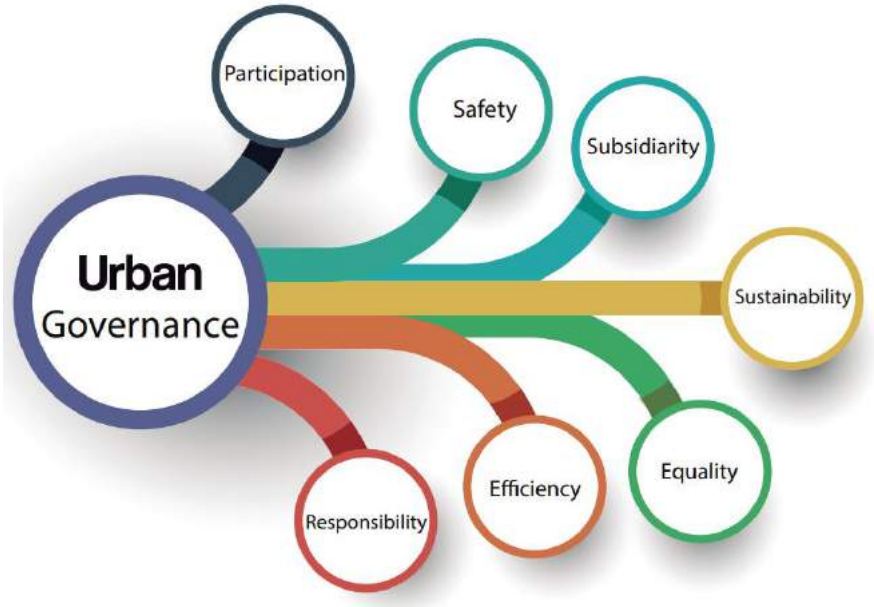
One relevant aspect that can be noticed, in consonance to Pawley (1982), is that the concept of sustainability is not closed, it is not possible to achieve absolute sustainability. A project can always adopt solutions that reduce its impact on the environment; analyzed in other respects may not be fully sustainable.

In accordance with Wright (2012), an important consideration is the definition of the methodology used to deal with urban problems. In spite of the scientific advances that provide powerful tools of work for the planner, such as geo-referencing programs, aerial photos taken from satellites, programs that allow to work simultaneously several disciplines of planning; it can be pointed out as the biggest obstacle to be overcome the way of thinking solutions to the most serious problems of our cities. Often an unprepared planner can get carried away by linear thinking, which is not a suitable alternative to human problems. For example, it can be inferred that the presence of a favela in the urban environment generates violence, however, ending the favela is not a definitive solution to eliminate violence.

## 3. SUSTAINABLE ENTERPRISES CONTINGENCY

The first step towards sustainability in construction is the commitment of companies in the production chain to create the bases for the development of projects that are effectively sustainable (ZHOU, 2012). Figure 1 presents three fundamental preconditions for the construction of a sustainable contingency.

Du (2013) upholds that, as the world population becomes more urban and national governments shift some responsibilities to cities and towns, municipal authorities are becoming increasingly important. Good urban governance can be illustrated from seven principles, according to figure 2.




## 4. SUSTAINABLE URBAN PROCEEDINGS

The need to demolish existing buildings due to compromising their structural safety or functional obsolescence can be avoided if it is possible to continue occupying the building. The best way to reduce waste from a demolition is to prevent it from occurring by perpetuating the use of the building. The building maintenance prolongs its useful life, provides the conservation and good appearance of the construction, maintains the structural safety conditions and the construction as a whole (EROL, 2005).

A property that is empty or abandoned due to its non-spatial adequacy to the previous use can be reoccupied, receiving a new functional destination. Although in accordance to Jelle (2012), changes in the internal design or small renovations are necessary, their costs will always be smaller than their feeling for the construction of a new building.

The recycling of construction waste is a very broad topic and is directly related to the theme of this work. Recycling aims to reduce the use of natural resources and the permanence of the raw material in the production process.

Tasaki (2006) states that the civil construction wastes are those arising from the construction, remodeling, repair and demolition of civil works and those resulting from the preparation and excavation of land, such as bricks, ceramic blocks, concrete in general, soil, rock, wood, mortar, plaster, tile, asphalt pavement, glass, plastics, pipes and electrical wiring.

A proposal for the sustainable management of solid urban waste should always prioritize the reduction of waste generation at source. However, when waste generation exists, reuse or recycling should be sought. Only when there is no possibility of recycling them is the waste to be incinerated (with energy recovery) or grounded (CHARLESON, 2009). A quality recycling process requires quality waste, which means segregating the waste from the generating source, that is, at the site itself. For the recycling cycle to be established, it is critical that the builder/generator is aware of the importance of its role in this process.

First, regarding the adoption of a rational and creative stance, which facilitates the evolution of construction techniques and human resources management, thus enabling the reduction of different forms of waste.

In consonance to Asokan (2009), the feasibility of the selective collection involves the development of a Waste Management Plan in each work, including the awareness and sensitization of the workforce and the introduction of segregation/storage routines of the residues and the organization of their flows.

The recycling of industrial waste is the second most used method in the final disposal of industrial waste in Brazil, behind only the industrial landfill. Recycling means replacing fuel and/or raw material for industrial waste in the production of clinker, cement precursor, i.e. the thermal destruction of waste, dangerous or not (BRIBIÁN, 2011).

Catalapiedra (2011) defends that among the problems that hinder recycling practices, the biggest obstacle to overcome is the lack of a recycling culture. To make it feasible, all those involved should fulfill their roles, the clients, who must evaluate the real need to build, given the possibility of adapting an existing building to their needs; construction companies, which should seek to reduce waste and generate waste through the adoption of more rational construction methods and local government, monitoring generators and transporters, in order to curb the irregular waste provisions in public and / or private areas that do not have a license environmental and stimulating the use of recycled materials in public works, especially those of popular housing.

## 5. MATERIALS REUSE IN THE CONSTRUCTION SECTOR

The rubble of construction, a daily mountain of waste formed by mortar, sand, ceramics, concrete, wood, metals, paper, plastics, stones, bricks, paints, etc. has become a serious problem in large Brazilian cities.

The characteristics of construction waste are very variable. Existing technologies cannot measure waste characteristics in real time, so that even high quality recycled aggregates are used in less demanding functions, devaluing the product (JELLE, 2012).

In accordance with Du (2013), virtually all the activities carried out in the civil construction sector generate rubble. In the construction process, the sector's high loss ratio is its main cause. Already in the works of reforms, the lack of a culture of reduction, utilization and recycling are the main causes of the rubble generated by the demolitions during the process.

The main results produced by the recycling of the debris are the environmental benefits. The equation of quality of life and non-predatory use of natural resources is more important than the economic equation. The benefits are achieved not only by reducing the deposition in inappropriate places but also by minimizing the need for extraction of raw material in deposits, which is not always adequately supervised. The need to dispose of public areas for the disposal of waste is also reduced (ZHOU, 2012).

The production of aggregates based on debris can generate savings of more than 80% over conventional aggregate prices. In consonance to Wright (2012), From this material, it is possible to manufacture components with savings of up to 70% over similar ones with the non-recycled raw material. In the vast majority of cases, the recycling of rubble makes it possible to cheapen construction activities.

The use of recycled material in popular housing programs, for example, brings good results. The production costs of the units' infrastructure can be reduced. However, since the economic principle that enables the production of components originating from the rubble is the use of machinery and not the use of labor intensive, it cannot always be said that its recycling generates jobs (CATALAPIEDRA, 2011).

## 6. CONCLUSION

The concept of sustainability has been widely discussed over the past four decades; this can be perceived by the large number of compromise documents produced by various governmental institutions, NGOs, and congresses spread throughout Brazil and worldwide. However, it is not yet possible to clearly understand the applicability of such agreed actions, in the search for the development of a sustainable civil construction.

Even today it is possible to find in the urban environment situations that are not sustainable, such as: buildings without thermal and acoustic comfort requiring high consumption of electric energy, the degradation of large environmental areas such as dumps, the launching of domestic and industrial sewage in courses water that cross the city, to name just a few of these problems.

It can be seen, therefore, that the engineering processes of works to achieve sustainability should not be isolated. The processes should involve several sectors of society, promoting environmental education actions, allowing all stakeholders to be aware of the importance and scope of their actions in the quest for sustainability as a whole.

On the other hand, we must always pay attention to the fact that technology, both of materials and knowledge, is changing at a dizzying speed and for this, we must convince ourselves that today's technology that is sustainable enough may be obsolete tomorrow or not to meet the requirements of a sustainable civil construction.

## 7. REFERENCES

Asokan, P., Osmani, M., Price, A.D.F., 2009. “Assessing the recycling potential of glass fiber reinforced plastic waste in concrete and cement composites”. *Journal of Clean Production* 17, 821 and 829.

Bahamón, A., Sanjinés, M.C., 2010. “Rematerial: From Waste to Architecture”. *W.W. Norton & Compagny*, p. 339.

Bribián, I.Z., Capilla, A.V., Usón, A.A., 2011. “Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential”. *Build Environ*. 46 (5), 1133 e 1140.

Cantalapiedra, I.R., Bosch, M., López, F., 2006. “Involvement of final architecture diploma projects in the analysis of the UPC buildings energy performance as a way of teaching practical sustainability”. *J. Clean. Prod*. 14 (9e11), 958e962.

Carley, M., Christie, I., 2000. “Managing Sustainable Development”, second ed. *Earthscan Publication Ltd.*, London, p. 322.

Charleson, A.W., Pirie, S., 2009. “An investigation of structural engineer-architect collaboration”. *J. Struc. Eng. Soc. N. Z.* 22 (1), 97e104.

Coelho, A., de Brito, J., 2013. "Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal e part I: location, materials, technology and economic analysis". *J. Clean. Prod*. 39, 338e352.

Du, Y., Cao, H., Chen, X., Wang, B., 2013. "Reuse-oriented redesign method of used products based on axiomatic design theory and QFD". *J. Clean. Prod*. 39, 79e86.

Erol, P., Thoming, J., 2005. "ECO-design of reuse and recycling networks by multiobjective optimization". J. *Clean. Prod.* 13, 1492 and 1503.

Jelle, B.P., Breivik, C., Røkenes, H.D., 2012. "Building integrated photovoltaic products: a state-of-the-art review and future research opportunities". *Solar Energy Mater. Solar Cells* 100, 69e96.

Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F., Huisingh, D., Lambrechts, W., 2013. "Declarations for sustainability in higher education: becoming better leaders, through addressing the university system". *J. Clean. Prod.* 48, 10e19.

Miliutenko, S., Björklund, A., Carlsson, A., 2013. "Opportunities for environmentally improved asphalt recycling: the example of Sweden". *J. Clean. Prod*. 43, 156e165.

Ortegon, K., Nies, L.F., Sutherland, J.W., 2013. "Preparing for end of service life of wind turbines". *J. Clean. Prod*. 39, 191e199.

Pawley, M., 1982. "Building for Tomorrow". *Sierra Club Books*, San Francisco, p. 192.

Tasaki, T., Hashimoto, S., Moriguchi, Y., 2006. "A quantitative method to evaluate the level of material use in lease/reuse systems of electrical and electronic equipment". *J. Clean. Prod.* 14, 1519 e 1528.

Warburton, K., 2003. "Deep learning and education for sustainability". *Int. J. Sustain. Higher Educ*. 4, 44e56.

Wright, T., Wilton, H., 2012. "Facilities management directors' conceptualizations of sustainability in higher education". *J. Clean. Prod*. 31, 118e125.

Zhou, J., Huang, P., Zhu, Y., Deng, J., 2012. "A quality evaluation model of reuse parts and its management system development for end-of-life wheel loaders". *J. Clean. Prod*. 35, 239e249.

## 8. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SISTEMAS DE PAREDE E COBERTURA VERDE: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E BENEFÍCIOS

**Guilherme Manfredini Bueno[1]**
**Eduardo Rimolo Carneiro[1]**
**Marco Aurélio Stumpf González[2]**
[1]UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) – Av. Unisinos 950, Bairro Cristo Rei, CEP 93022-750, São Leopoldo, RS
[2]UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Av. Unisinos 950, Bairro Cristo Rei, CEP 93022-750, São Leopoldo, RS
guilherme-m-b@hotmail.com; eduardorimolocarneiro@gmail.com; mgonzalez@unisinos.br

***Resumo.*** *O crescimento urbano atrelado a falta de planejamento ocasionou um desequilíbrio socioeconômico e ambiental. Visando estabelecer requisitos mínimos de desempenho e eliminando sistemas que não atendam às exigências de uso e operação das edificações, entrou em vigor no Brasil no ano de 2013 a NBR 15575, também conhecida como Norma de Desempenho. Um dos requisitos desta norma é o desempenho térmico que pode ser atingido com o uso de tecnologias sustentáveis, como é o caso de paredes e coberturas verdes, que atuam como elementos de proteção da envoltória, além de melhorar o conforto térmico e reduzir o consumo energético, aprimorando o desempenho das edificações. O objetivo deste estudo é fazer uma revisão da literatura técnica, englobando estudos em diferentes países, sobre os conceitos e utilização do sistema construtivo com coberturas e paredes verdes. Constatou-se que sistema construtivo verde se mostrou mais eficiente comparado ao sistema tradicional, aumentando o conforto e o desempenho térmico. Além disso, o panorama reunido neste trabalho irá fornecer orientação teórica para as avaliações do desempenho térmico de edificações sustentáveis.*

***Palavras-chave:*** *tecnologias sustentáveis, parede verde, cobertura verde, conforto térmico, consumo energético.*

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos requisitos exigidos pela Norma de Desempenho – NBR 15575 (ABNT, 2013) é o desempenho térmico das edificações. O propósito é manter os ocupantes à níveis de conforto adequados para habitação e execução de suas atividades (Lamberts et al., 2016). O conforto térmico é pautado pela satisfação psicofisiológica de cada indivíduo com o ambiente e sua temperatura (Antoniadou e Papadopoulos, 2017; ABNT, 2005; ASHRAE, 2017). Dentre os diversos fatores que influenciam no conforto térmico, as características da envoltória possuem papel fundamental. Tanto os materiais quanto os sistemas da envolvente externa são importantes para a concepção de edifícios com maior eficiência energética (Morrisey e Horne, 2011; Brenner, 2017).

O envelope da edificação é composto basicamente pelos Sistema de Cobertura (SC) e pelo Sistema de Vedação Vertical (SVV). Em razão da exposição direta à radiação solar, tais sistemas representam a principal interface para as trocas de calor entre os ambientes internos e externos (Fig. 1). Deste modo, as qualidades dos sistemas estão diretamente relacionadas com o consumo de energia para resfriamento e aquecimento (Carmody et al., 2004; Oliveira, Souza, Da Silva, 2017; Evola, Gullo, Marletta, 2017).

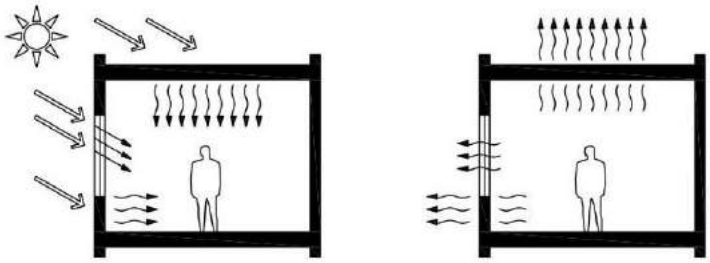


Figura 1. Trocas de calor pela envoltória (Carmody et al., 2004).

A eficiência da edificação se dá quando esta apresenta o mesmo desempenho com menos consumo de energia, ou quando se elevam os níveis de conforto mantendo-se o consumo inicial (Soler; Salandin; Micó, 2017). Entretanto, a fim de adequar o ambiente interno para níveis de conforto desejáveis, os usuários comumente fazem uso do condicionamento de ar artificial. Esta necessidade em se utilizar energia elétrica pode ser mitigada através de estratégias de projeto, da arquitetura bioclimática, e da utilização de materiais e técnicas construtivas que minimizem o impacto ambiental (Campos et al., 2012 e Lamberts; Dutra; Pereira, 2014).

Considerando a expectativa de aumento populacional de 2,5 bilhões de pessoas até o ano de 2050, e a crescente tendência da necessidade de conforto nos meios urbanos, estima-se um crescimento considerável no consumo de energia, podendo inclusive ultrapassar a produção proveniente dos setores industriais. (IEA, 2014). De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, 2014), os setores comercial e residencial representam a maior parte do consumo, sendo responsáveis por mais de um terço do total final e igualmente responsáveis por aproximadamente um terço da emissão global de $CO_2$.

Em áreas urbanas densas, a substituição cada vez maior de áreas verdes por superfícies artificiais é uma das principais causas do chamado efeito ilha de calor urbana, fenômeno que gera uma diferença de temperatura entre cidades e áreas rurais. À medida que a cidade se expande, mais calor é aprisionado, com um consequente aumento da temperatura, variando entre temperaturas 6 à 8°C maiores (Hoelscher et al., 2016; Vox, Blanco, Schettini, 2018).

A envoltória desempenha um papel significativo no desempenho energético das edificações (Hachem-Vermette, 2018), e afeta diretamente as trocas de calor entre o ambiente externo com os ambientes internos da edificação. Boas estratégias podem reduzir significativamente o consumo de energia para manter os ocupantes a um nível de conforto térmico satisfatório.

Ainda, com a diminuição de fontes de energia disponíveis e a necessidade de redução no consumo, faz-se indispensável o emprego de estratégias passivas de conforto e eficiência energética em projetos de novos edifícios (Carlucci et al., 2015; Manzano-Agugliaro et al., 2015; Torgal et al., 2014). Na escala urbana, uma alternativa para a redução das temperaturas do ar e alivio da ilha de calor é fazer o uso da vegetação. Entretanto, a área disponível em cidades altamente densificadas para a expansão da infraestrutura verde é escassa (Cameron; Blanusa, 2016). De acordo com o PROCEL (2017), em construções novas, é possível uma redução de até 50% no consumo energético através de sistemas construtivos e estratégias de projeto apropriados. Logo, a vegetação em coberturas e paredes verdes operam como uma solução viável em função da escassez de solo e da crescente urbanização (Perini; Magliocco, 2012).

No momento atual, percebe-se o decaimento dos sistemas de drenagem existente no Brasil, não atendendo a grande demanda de escoamento. O aumento da população em meios urbanos acarretou uma maior impermeabilização do solo, promovendo um aumento no escoamento superficial e pico de vazão, o que compromete o sistema de drenagem. Alguns países norte americanos e europeus já estão utilizando a técnica de coberturas verdes, trincheiras de infiltração, reservatórios de aproveitamento de água pluvial e pavimentos permeáveis para reter a água pluvial e, mais recentemente o Brasil passou a utilizar em suas construções estes sistemas, os quais são considerados como uma alternativa de desenvolvimento de baixo impacto (Jobim, 2013). Como exemplo, em março de 2015, através do Decreto 55.994 (São Paulo, 2015), a cidade de São Paulo determinou a conversão da compensação ambiental em jardins verticais e coberturas verdes, uma medida que demonstra a atenção para sistemas ambientalmente sustentáveis, ampliando a infraestrutura verde na cidade.

As superfícies de telhado das cidades ocupam em média 30% da área urbanizada (Peng; Jim, 2013), o que se torna um atrativo para o aproveitamento de coberturas verdes. Além de serem capazes de reduzir as temperaturas locais do ar, as plantas em telhados podem auxiliar na redução do consumo de energia para resfriamento (Moody; Sailor, 2013). As construções com telhado verde apresentam diversas vantagens e são usadas tanto em países quentes como em países frios. O uso deste tipo de cobertura proporciona uma temperatura interna constante para a edificação, visto que as folhagens reduzem as trocas térmicas entre os ambientes interno e externo (Eumorfopoulou; Aravantinos, 1998).

Sistemas verdes, paredes ou coberturas, são de grande importância, pois proporcionam proteção para a envoltória, o que melhora de forma sustentável a condição térmica e o desempenho das edificações (Berardi, GhaffarianHoseini, GhaffarianHoseini, 2014; Matheus et al., 2016), além de minimizar o efeito ilha de calor urbana (Besir; Cuce, 2018).

A cobertura verde é mais eficiente em residências, enquanto que em edificações verticais de vários pavimentos a melhor estratégia consiste no sistema de parede verde buscando melhorar as trocas de calor entre a área externa com os ambientes internos. O fato é justificado pelo fato de que em uma edificação multipavimentada a cobertura verde só teria efeito no último pavimento, enquanto que a parede verde poderia ser utilizada em uma determinada fachada da edificação que proporcionasse a diminuição das trocas térmicas para todos os pavimentos. Já nas residências, o telhado exerce grande influência no desempenho térmico, sendo a melhor opção.

Assim, este trabalho busca trazer os conceitos, através de uma revisão da literatura técnica, da parede verde e da cobertura verde, visto que a utilização desses sistemas inovadores nos projetos de edificações vem aumentando nos últimos anos.

## 2. SISTEMAS VERDES

As paredes verdes podem ser classificadas de várias maneiras conforme a literatura. Entretanto, dependendo da técnica de construção e características, as paredes verdes podem ser divididas em dois sistemas: fachadas verdes e paredes vivas, conforme pode ser visto na Fig. 2 (Manso; Castro-Gomes, 2015). As fachadas verdes podem ser diretas ou indiretas. As fachadas verdes diretas são baseadas na aderência da vegetação na parede. Já as indiretas são fixadas por treliças ou cabos de aço dispostos na vertical, servindo de apoio para o desenvolvimento das plantas. Nas paredes vivas, são utilizadas compartimentos ou superfícies extras para de apoio do sistema de vegetação. Deste modo, há um custo mais elevado, sendo necessária a nutrição para a manutenção das espécies. Em certos casos, as plantas podem extrair os nutrientes do próprio painel para sobreviver (Cuce, 2017).

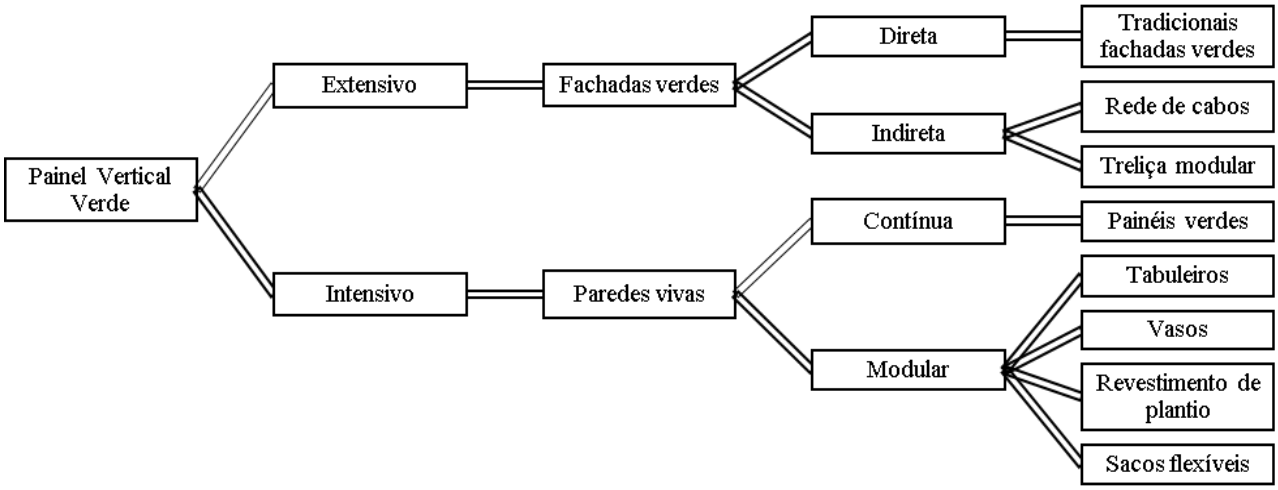



Figura 2. Classificação das paredes verdes de acordo com as suas características (Manso e Castro-Gomes, 2015)

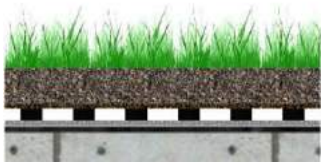
É possível ver na Fig. 3 exemplos de sistemas de parede verde. Os sistemas de parede verde têm peso da ordem de 60-500 kg/m², variando de acordo com o tipo, espessura e intensidade da folhagem. O tipo de vegetação, orientação e condições de projeto irão influenciar na frequência de irrigação das plantas (Raji et al., 2015).

(a) (b)

Figura 3. Exemplos de paredes verdes: (a) fachada verde direta (Dunnet e Kingsbury, 2004) e (b) parede viva no campus Unisinos Porto Alegre (Zero Hora, 2016)

Existem diversos tipos de cobertura verde, bem como uma variedade de plantas que podem ser empregadas. Por isso, é necessária uma avaliação para verificar o potencial de cada sistema (Monteiro et al., 2017). A Tab. 1 apresenta os tipos e características das coberturas verdes existentes.

Tabela 1. Classificação das coberturas verdes, conforme tipo, uso, fatores de construção e requisitos de manutenção.

| | **Tipos** | | |
|---|---|---|---|
| | **Extensiva** | **Semi Intensiva** | **Intensiva** |
| |  | | |
| **Manutenção** | Baixa | Periódica | Alta |
| **Irrigação** | Não possui | Periódica | Regular |
| **Comunidade das plantas** | Musgos, suculentas, ervas e gramíneas | Ervas-gramíneas e arbustos | Gramado ou plantas perenes, arbustos e árvores |
| **Altura de montagem do sistema** | 6 – 20 cm | 12 – 25 cm | 15 - 40 cm e em garagens subterrâneas>100 mm |
| **Peso** | 60-150kg/m² | 120-200kg/m² | 180-500kg/m² |
| **Custos** | Pequeno | Médio | Alto |
| **Utilização** | Camada de proteção ecológica | Telhado verde projetado | Jardim |

Fonte: Adaptada de Raji et al. (2015).

Apesar do seu maior custo de execução em relação a coberturas convencionais, a cobertura verde é uma excelente alternativa para melhorar o desempenho térmico das construções. Além de melhorar a questão estética, a qualidade do ar e o escoamento superficial dos centros urbanos, o uso da vegetação no lugar de telhas cerâmicas, fibrocimento, entre outras, promove uma diminuição da variação térmica nos ambientes internos, mantendo a temperatura constante por mais tempo, o que gera uma economia de energia por não ser necessário o uso aparelhos elétricos, tais como umidificadores de ar ou ar-condicionado, por exemplo, para manter o conforto interno (Oliveira; Soares; Santos, 2016).

Um estudo experimental realizado por Jiang e Tang (2017) utilizou dois protótipos (Fig. 4) com volumes internos idênticos (1,3 m × 1,0 m × 0,9 m) para investigar o desempenho térmico. Um protótipo foi coberto por telhado verde colocado acima de uma laje de concreto sem isolamento térmico com 15 cm de espessura, enquanto que a cobertura do outro protótipo é a própria laje de concreto (15 cm de espessura) sem isolamento e o valor do coeficiente de transmitância térmica da laje de concreto é de 0,62 W/ m²K. O telhado é o único sistema que difere entre os dois protótipos, pois o objetivo era avaliar os efeitos de telhados verdes do tipo extensivos combinados com ventilação noturna para o resfriamento de ambientes, e por consequência, diminuição de condicionantes artificiais para o conforto térmico.

Figura 4. Protótipos utilizados no experimento (Jiang e Tang, 2017)

Os resultados demonstraram que a combinação de telhado verde e ventilação noturna pode reduzir significativamente a temperatura interna. A ventilação noturna produz mais energia de resfriamento armazenada no telhado verde e a libera no dia seguinte. Comparando o telhado verde com o teto descoberto, a temperatura máxima do ar interno pode ser reduzida entre 5,7°C à 3,3°C, em média, durante ventilação diurna. A integração dos telhados verdes e a ventilação noturna podem reduzir o ganho de calor de 75% a 79% e encurtar as horas de ganho de calor de 6 horas por dia. No entanto, nos dias chuvosos de verão, nenhum efeito apreciável foi obtido pelo telhado verde em comparação com o telhado descoberto, devido à baixa radiação solar e ao resfriamento da chuva.

O estudo de Cuce (2017) revelou que o recurso de regulação térmica dos sistemas de parede verde depende muito do tipo de vegetação, intensidade e orientação da planta. Para um caso de uso da planta *Hedera helix*, com cerca de 10 cm de espessura, podem ser obtidas reduções de temperatura de mais de 6°C sob condições de céu ensolarado de climas temperados.

## 3. CONCLUSÃO

Os sistemas de cobertura e parede verde são temas de pesquisa desafiadores. Este artigo apresentou, através de uma revisão da literatura, as propriedades, tipos, potenciais de aplicação da infraestrutura verde para os centro urbanos, da mesma forma que abordou os benefícios ambientais, sociais e econômicos deste sistema, que portanto, pode ser considerado sustentável.

É fundamental que profissionais habilitados e com conhecimento da técnica desenvolvam o projeto e acompanhem a execução destes sistemas inovadores, pois a falta de gerenciamento e erros construtivos podem gerar uma série de patologias, desperdícios e gastos com reparos. A utilização de sistemas verdes deve ser avaliada para cada situação levando em consideração os diferentes tipos disponíveis para utilização, de modo que mantenham um bom desempenho durante o seu uso e manutenção.

Por fim, é importante conhecer o comportamento térmico de fachadas e coberturas verdes para fornecer ferramentas de projeto eficazes para engenheiros e arquitetos de construção. Os elementos da parede verde não podem ser usados como um substituto para os tipos clássicos de isolamento térmico. Por outro lado, eles podem ser usados para complementar outros tipos de isolamento. Sua presença controla as radiações solares térmicas e, assim, evita o superaquecimento no verão e minimiza as trocas térmicas no inverno.

## 4. REFERÊNCIAS

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). 2017 ASHRAE Handbook – Fundamentals. USA.

Antoniadou, P.; Papadopoulos, A. M., 2017. "Occupants' thermal comfort: State of the art and the prospects of personalized assesment in office buildings". *Energy and Buildings*, v.153, p.136-149.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2005. *NBR 15220*: Desempenho térmico de edificações – Partes 1-4. Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2013. *NBR 15575*: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Partes 1-6. Brasil.

Berardi, U., GhaffarianHoseini, A.H., GhaffarianHoseini, A., 2014. "State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs". *Applied Energy*, v. 115, p. 411-428.

Besir, A.B., Cuce, E., 2018. "Green roofs and facades: a comprehensive review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 82(1), p. 915-939.

Brenner, B.L., 2017. *Avaliação da utilização de isolantes térmicos no interior das cavidades de blocos cerâmicos componentes de alvenarias de vedação externa para o clima de São Leopoldo, RS*. São Leopoldo, 164 p., Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Cameron, R.W.F., Blanusa, T., 2016. "Green infrastructure and ecosystem services – is the devil in the detail?". *Annals of Botany*, v.118, p. 377–391.

Campos, N.L.F., Nogueira, M.C.J.A., Lambert, J.A., Durante, L.C., 2012. *Avaliação de desempenho térmico de edificação pública em cuiabá, MT: estudo de caso*. Monografias ambientais – Remoa. Universidade Federal de Santa Maria., v.7, nº 7, p. 1670 – 1688.

Carlucci, S. et al., 2015. "A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design". *Renewable and sustainable Energy Reviews*, v.47, p.1016-1033.

Carmody, S. et al., 2004. *Window System for High- Performance Buildings*. W. W. Norton and Company, New York, 1st edition.

Cuce, E., 2017. "Thermal regulation impact of green walls: An experimental and numerical investigation". *Applied Energy*, v. 194, p. 247-254.

Dunnet, N., Kingsbury, N., 2004. Planting green roofs and living walls. Portland (Oregon): Timber Press.

Eumorfopoulou, E., Aravantinos, D., 1998. "The Contribution of a Planted Roof to the Thermal Protection of Buildings in Greece". *Energy and Buildings*, v.27, n. 1, p. 29-36.

Evola, G., Gullo, F., Marletta, L., 2017. "The role of shading devices to improve thermal and visual comfort in existing glazed buildings". *Energy Procedia*, v.134, p.346-355.

Hachem-Vermette, C., 2018. "Multistory building envelope: Creative design and enhanced performance". Solar Energy, v. 159, p. 710–721.

Hoelscher, M.T., Nehls, T., Janicke,B., Wessoleck, G., 2016. "Quantifying cooling effects of façade greening: shading, transpiration and insulation". *Energy and Buildings*, v.114, p. 283-290.

International Energy Agency (IEA), 2014. *Energy Efficiency Indicators*: Fundamentals on Statistics, IEA.

Jiang, L., Tang, M., 2017. Thermal analysis of extensive green roofs combined with night ventilation for space cooling. Energy and Buildings, v. 156, p. 238–249.

Jobim, A.L., 2013. *Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial*. Santa Maria, 76 p., Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

Lamberts, R. et al., 2016. *Desempenho térmico de edificações*. Notas de Aula da disciplina: ECV 5161. LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/ disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf>. Acesso em 03 de abril de 2018.

Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F.O.R., 2014. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3. Ed., PW Editores.

Manso, M.; Castro-Gomes J., 2015. "Green wall systems: a review of their characteristics'. *Renew Sustain Energy Rev*, v.41, p.863–71.

Manzano-Agugliaro, F. et al., 2015. "Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 49, p. 736-755.

Matheus, C., Caetano, F. D. N., Morelli, D. D. De O., Labaki, L. C., 2016. "Desempenho térmico de envoltórias vegetada em edificações no sudeste brasileiro". *Ambiente Construído*, v. 16, n. 1, p. 71-81.

Monteiro et al., 2017. "Functional green roofs: Importance of plant choice in maximising summertime environmental cooling and substrate insulation potential". *Energy and Buildings*, v. 161, p. 56-68.

Moody, S.S., Sailor, D.J., 2013. "Development and application of a building energyperformance metric for green roof systems". *Energy and Buildings*, v.60, p.262–269.

Morrissey, J., Horne, R., 2011. "Life cycle cost implications of energy efficiency measures in new residential buildings". *Energy and Buildings*, v. 43, p. 915-924.

Oliveira, P. L., Soares, R. G.; Santos, S. X., 2016. "Desempenho térmico das edificações: estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de coberturas". *Petra*. v. 2, n. 1, p. 36-55.

Oliveira, R. D., Souza, R. V. G., Da Silva, R. M., 2017. "Issues to be improved on the thermal performance standards for sustainable buildings consolidation: an overview of Brazil". *Energy Procedia*, v.111, p.71-80.

Peng, L.L.H., Jim, C.Y., 2013. "Green-roof effects on neighborhood microclimate andhuman thermal sensation". *Energies*, v.6, p.598–618.

Perini, K., Magliocco, A., 2012. "The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces". *International Journal of Biology*, v. 4, n. 2, p. 79-91.

Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), 2018. Disponível em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={82BBD82C-FB89-48CA-98A9 620D5F9DBD04}>. Acesso em 03 de abril de 2018.

Raji, B., Tenpierik, M.J., Van Den Dobbelsteen, A., 2015. "The impact of greening systems on building energy performance: a literature review". *Renew Sustain Energy Reviews*, v.45, p.610–23.

São Paulo (Estado), 2015. Decreto nº 55.994, de 10 de março de 2015. Introduz alterações no artigo 4º do Decreto nº 53.889, de 08 de maio de 2013, que regulamenta o termo de compromisso ambiental- TCA. Diário Oficial, São Paulo.

Soler, D, Salandin, A, Micó, J. C., 2017. "Lowest thermal transmittance of an external wall under budget, material and thickness restrictioons: An integer linear programming approach". *Energy and Buildings*, p.27.

Torgal, F.P., Lourenco, P.B., Labrincha, J., Chindaprasirt, P., Kumar, S., 2014. *Eco-efficient Masonry Bricks and Blocks: Design, Properties and Durability*. Woodhead Publishing, Sawston, Reino Unido.

Vox, G., Blanco, I., Schettini, E., 2018. "Green façades to control wall surface temperature in buildings". *Building and Environment*, v.129, p.154-166.

Zero Hora, 2016. Unisinos entrega novo campus em Porto Alegre nesta quinta-feira. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/vida-e-estilo/educacao/noticia/2016/12/unisinos-entrega-novo-campus-em-porto-alegre-nesta-quinta-feira-8750912.html> Acesso em: 04 abr. 2018.

## 5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE/RS

**Guilherme Manfredini Bueno**[1]
**Eduardo Rimolo Carneiro**[1]
**Marco Aurélio Stumpf González**[2]
[1]UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) – Av. Unisinos 950, Bairro Cristo Rei, CEP 93022-750, São Leopoldo, RS
[2]UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Av. Unisinos 950, Bairro Cristo Rei, CEP 93022-750, São Leopoldo, RS
guilherme-m-b@hotmail.com; dur.carneiro@gmail.com; mgonzalez@unisinos.br

***Resumo.*** *É comum que a durabilidade da construção seja afetada por manifestações patológicas ocasionadas por erros de projeto ou por negligências na manutenção. Em voga no Brasil desde 2013, a Norma de Desempenho estabelece ao projetista a responsabilidade de especificar materiais e sistemas dentro do padrão mínimo, para que a edificação atinja a durabilidade prevista em projeto. Outro requisito estabelecido na Norma consiste na manutenção periódica, que muitas vezes é desconsiderado pelos usuários resultando na diminuição da vida útil (VU) da edificação e, consequentemente, da durabilidade. No intuito de verificar as manifestações patológicas e propor uma terapia para as mesmas, realizou-se um estudo de caso em uma edificação construída para atender o nível superior estabelecido na Norma de Desempenho. Foi feita a inspeção predial, análise da documentação técnica e vistoria em campo para coleta de dados e registro fotográfico. Durante a inspeção foi constatado que as manifestações patológicas encontradas são passíveis de correção e não afetaram a VU da edificação se a terapia não for adiada e for executada de maneira efetiva.*

***Palavras-chave:*** *manifestações patológicas, durabilidade, vida útil, Norma de Desempenho, inspeção predial.*

## 1. INTRODUÇÃO

Manifestações patológicas comumente afetam a durabilidade da construção, sendo ocasionadas por erros de projeto ou pela falta de manutenção (Chamosa; Ortiz, 1984). Deste modo, a eficiência e a manutenabilidade devem ser consideradas desde a fase de projeto (QTR, 2015). No Brasil, a Norma de Desempenho NBR 15575 incumbe ao projetista a especificação de materiais e sistemas que mantenham o desempenho da edificação dentro dos padrões mínimos estabelecidos. Pode-se, então, afirmar que o planejamento da construção implica no uso da durabilidade como critério nas tomadas de decisão de projeto (ABNT, 2013).

A durabilidade é definida como a capacidade de um sistema de desempenhar sua função sob certas condições de uso através do tempo (Medeiros; Andrade; Helene, 2011). Este tempo é definido como Vida Útil (VU), e determina o período de serviço da edificação no qual devem-se atender às especificações de projeto (John; Agopyan; Sjöström, 2002). A NBR 15575 estabelece a durabilidade como um Requisito do Usuário (RU). O gerenciamento dos requisitos durante o processo de projeto é essencial para que a construção atenda às necessidades dos usuários (Baldauf; Formoso; Miron, 2013). O mínimo de anos para VU dos sistemas da edificação é determinado pela NBR 15575 conforme a Tabela 1 (ABNT, 2013). A partir disto, é possível projetar o desempenho baseando-se na durabilidade. Definições de projeto podem prolongar a VU, e. g. a espessura do cobrimento, que promove maior proteção dos componentes contra fatores de degradação (Matos, 2007; Moreno; Cárdenas; Lugo, 2017; Oliveira; Mitidieri Filho, 2012).

Tabela 1. Vida útil de projeto mínima e superior (VUP)

| | **Sistema** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **VU mínima (anos)** | Estrutura | Pisos Internos | Vedação vertical externa | Vedação vertical interna | Cobertura |
| | 50 | 13 | 40 | 20 | 20 |

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013).

Além da durabilidade, a NBR 15575 estabelece a manutenabilidade como um requisito (ABNT, 2013). É diretamente influenciada pelas condições de acesso às instalações, determinando a capacidade, por parte do usuário, em

realizar a manutenção em prol da conservação da funcionalidade da edificação (Galletto; Andrello, 2011). Devem ser realizadas manutenções periódicas conforme o manual de uso, operação e manutenção (ABNT NBR 5674, 2012; ABNT NBR 14037, 2011). O não atendimento aos requisitos de manutenabilidade pode ocasionar a diminuição da VU (Marques, 2015). A relação entre o desempenho e a VU expressada ao longo do tempo (Fig. 1) demonstra que a manutenção dos sistemas é fundamental para o prolongamento da VU.

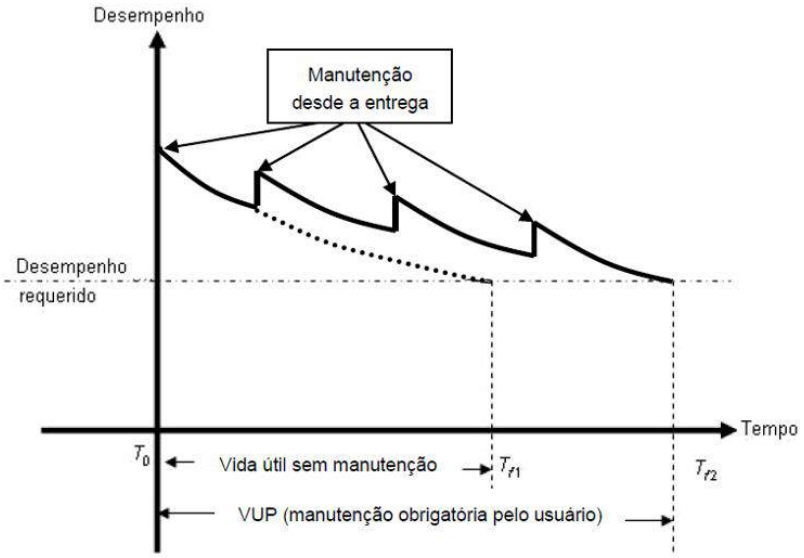



Figura 1. Desempenho ao longo do tempo (ABNT, 2013)

O desempenho das edificações tende a diminuir ao longo do tempo em função da exposição a agentes de degradação, solicitações ou ações contra a conservação, podendo gerar manifestações patológicas pontuais ou em conjunto (Sá, 2005; Matos, 2007). Os processos de degradação são caracterizados pela alteração ao longo da VU na composição, estrutura ou aparência de materiais e sistemas, podendo causar perda de funcionalidade (ISO 15686-1:2000). Os agentes degradantes são comumente classificados por: agentes biológicos; agentes químicos; agentes eletromagnéticos; agentes mecânicos; e agentes térmicos (Emmitt, 2009). Para construções recentes, o aparecimento de lesões deve-se normalmente à problemas da fase de execução. Uma vez concluída a obra, situa-se um período entre 7 e 10 anos no qual se produzem manifestações patológicas geralmente oriundas de defeitos da fase de construção (Chamosa; Ortiz, 1984). A terapia das manifestações patológicas é essencial para o mantenimento da VU e da durabilidade da edificação (ABNT NBR 5674, 2012; ABNT NBR 14037, 2011; ABNT NBR 15575, 2013).

Partindo da necessidade de abordar o tema de forma objetiva e explicativa, o presente artigo visa avaliar as manifestações patológicas de uma edificação construída para atender o nível superior da norma de desempenho e as possíveis ações de manutenção e terapia.

## 2. MÉTODO

Para cumprir com o objetivo proposto, foi realizada a inspeção predial em uma edificação recente. O processo foi executado através da coleta de dados e análise do projeto, da vistoria de campo e do registro fotográfico. Posteriormente, foi realizada a avaliação e o diagnóstico das manifestações patológicas e suas possíveis causas, assim como a proposição de alternativas de tratamento em vista da durabilidade.

## 3. CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

A edificação selecionada localiza-se na região metropolitana de Porto Alegre, RS/Brasil e foi entregue pela incorporadora no ano de 2016. Projetada para atender o nível superior da Norma de Desempenho, caracteriza-se como um condomínio vertical residencial construído em um terreno de 3.074m². Sua área construída totaliza aproximadamente 18.000m², dividida em 26 andares, sendo: 03 subsolos, térreo, mezanino, 20 pavimentos de apartamentos e cobertura. Os apartamentos possuem aproximadamente 95m² para dois dormitórios, 115m² para três dormitórios e 162m² para os apartamentos duplex.

## 4. DIAGNÓSTICO E TERAPIA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A partir dos dados coletados e da inspeção predial, foram levantadas as manifestações patológicas, seu tipo e suas possíveis causas.

### 4.1 Fissuras

A Figura 2(a) representa uma fissura no centro do vão abaixo da janela. Tais fissuras, conforme Valle (2008), surgem em função da concentração de tensão tornando a região mais propensa a manifestações. Durante a execução, foi respeitada a especificação da inclusão de uma contra-verga na parte inferior das esquadrias, assim como da verga na extremidade superior. Segundo Zozulák, Vertal e Katunskýa (2014), a verga e a contra-verga representam uma ligação térmica complicada, pois fazem a conexão de diferentes elementos, quanto aos materiais e geometria e assim causam deformações térmicas significativas, o que acaba gerando fissuras. Cabe destacar que as fissuras encontradas não são comuns a todos os pavimentos.

Em 2(b) e 2(c), são mostradas duas das diversas fissuras encontradas no piso de concreto da quadra esportiva e dos estacionamentos do condomínio. Conforme mencionado em Dal Molin (1988), este tipo de fissura se manifesta principalmente em função da retração do concreto.

Na Figura 2(d), a imagem demonstra uma fissura na interface da viga com a alvenaria de vedação. As causas incluem a incompatibilidade entre a deformação estrutural da viga e a capacidade de acomodar deformações da alvenaria (Franco, Barros, Sabbatini, 1994; Tramontin, Moreno Junior, Oliveira, 2013). Teixeira (2010) também menciona que as fissuras na interface são causadas pela movimentação térmica diferencial.

(a) (b) (c) (d)

Figura 2. Fissuras

O projeto sempre deve prever vergas e contra-vergas para a instalação de esquadrias e, conforme Thomaz e Helene (2000), devem ter um transpasse de pelo menos 20 cm, enquanto que vergas contínuas devem ser executadas para aberturas com distanciamento menor que 60 cm. Para a correção das fissuras e trincas encontradas abaixo das janelas (Fig. 2a), estas devem ser abertas e preenchidas com uma resina que volte a tornar o sistema monolítico e estanque, e após deve ser refeito o revestimento (De Paula et al., 2015). É importante fazer a correção da fissura também no lado externo da edificação, que é fonte de entrada de umidade.

As fissuras existentes no piso da quadra esportiva e da garagem do subsolo (Fig. 2b e 2c) têm relação com o comportamento do substrato de concreto, uma vez que as variações de temperaturas e cargas atuantes ocasionam sua movimentação. Balbo (2016) recomenda a utilizando de juntas transversais e longitudinais em pisos, além do cuidado com a espessura do base e propriedades do concreto utilizado. Na ausência de juntas ou deficiências no projeto, falhas de execução, materiais inadequados, esforços não previstos, entre outros, surgem as fissuras. Para a correção da anomalia, a fissura deve ser recortada com uma faixa de extensão de pelo menos 5,0 cm para cada lado. Posteriormente, deve ser feito o preenchimento da abertura com selante elastomérico à base de poliuretano ou com resina epoxídica semi-rígida (Téchne, 2010). Na quadra esportiva, foi constatado que as fissuras já haviam sido corrigidas através do preenchimento com resina epoxídica semi-rígida.

A fissura encontrada na interface alvenaria estrutura pode ter sido ocasionada por erros na execução ou até mesma a falta de encunhamento. Conforme Thomaz (1989) Para evitar as fissuras na interface, deve ser feito o encunhamento utilizando materiais com um módulo de deformação pequeno. Uma outra alternativa é ainda incluir no projeto telas metálicas no revestimento da interface alvenaria/estrutura. No caso desta fissura encontrada para este estudo de caso, a alternativa mais viável seria abrir a fissura e remover o revestimento no entorno, posicionar uma tela para acomodar as tensões e, por fim, refazer o revestimento.

### 4.2 Ruptura da estrutura

Nas vigas do subsolo, devido à incompatibilização de projetos estrutural e de instalações (Fig. 3), foi realizada uma ruptura no cobrimento de concreto, acarretando na perda de proteção da armadura. Conforme mencionado em Gentil (2008), o cobrimento da armadura atua não só como uma capa de proteção física, mas também uma proteção química, o filme de passivação, que consiste em uma camada sobre a superfície da armadura com alcalinidade elevada que evita a

corrosão do aço. A quebra do elemento estrutural e da consequente perda de proteção favorece o desgaste, diminuindo a durabilidade da edificação, além de comprometer a segurança da estrutura.

Figura 3. Ruptura da estrutura

Para corrigir as falhas de compatibilização entre sistemas e a conseguinte ruptura do sistema estrutural (Fig. 3), Jumaat, Kabir e Obaydullah (2006) mencionam que primeiramente, deve-se remover o concreto deteriorado, realizar o apicoamento no entorno da região afetada tornando a base rugosa e fazer a limpeza dos pontos de corrosão da armadura com uma escova metálica, bem como limpar a superfície do concreto. Após essas etapas iniciais, deve-se aplicar um produto químico na armadura para evitar que ela seja atingida novamente pela corrosão e aplicar na base já apicoada um adesivo epóxi para posterior aplicação de uma nova camada de concreto. Conforme mencionado por Sampaio (2010), o apicoamento garante a aderência da união do concreto velho com o novo. Se o elemento não for tratado, a falta de cobrimento ocasionará a corrosão das armaduras, fazendo com que a capacidade resistente da viga diminua e, em longo prazo, ocasione colapso estrutural. Reforços externos ao elemento estrutural também podem ser feitos, conforme Zucchi (2015) e Yurdakul e Avşar (2015) com perfis metálicos e chapas coladas de materiais poliméricos reforçados com fibras, como as fibras de vidro (GFRP), carbono (CFRP) e aramida (AFRP).

### 4.3 Impermeabilização da piscina

Conforme Souza e Melhado (1998) a impermeabilização consiste em uma barreira física para proteger determinada área, além do objetivo de evitar a infiltração e fazer com que a água escoe para o lugar adequado. A impermeabilização também é forte aliada na proteção de materiais construtivos, visto que estes tendem a se degradar pela presença de agentes agressivos. Conforme pode ser observado na Fig. 4, devido a falhas na impermeabilização da piscina, foi necessária a retirada do revestimento da borda inferior. Uma das causas da manifestação é a falta de cantos arredondados nas bordas inferiores da piscina, o que dificultou a aplicação do impermeabilizante e facilitou a infiltração de água.

Figura 4. Falhas na impermeabiização da piscina

Neste caso, houve a retirada do revestimento nas bordas do fundo da piscina e a impermeabilização foi refeita naquele local, sendo o procedimento correto. Durante a inspeção, a estanqueidade da piscina estava sendo testada através de uma lâmina de água sobre a nova impermeabilização, que foi mantida pelo período de 10 dias, atendendo as recomendações da NBR 9574 (ABNT, 2008). Após a constatação de que a impermeabilização não resultou no vazamento da água foi refeito o revestimento.

Como a estrutura da piscina está sendo submetida a movimentação e risco de fissuras, a impermeabilização recomendada para esse tipo de sistema, conforme o Manual Técnico de Impermeabilização de Estruturas (Vedacit,

2013), é do tipo flexível. Conforme Mineto (2013), é importante que as bordas tenham um formato arredondado (Fig. 5), pois, do contrário, arestas retas dificultam a impermeabilização nesses locais e facilitam com que ocorram infiltrações, resultando em manifestações patológicas.

Figura 5. Arrendondamento dos cantos no formato meia-cana (Mineto, 2013)

Além disso, devem ser seguidas todas as recomendações impostas na NBR 9575 (ABNT, 2010) referente a seleção e projeto da impermeabilização e na NBR 9574 (ABNT, 2008) que trata da execução de impermeabilização. O projetista também deve estar atento para que os projetos completares sejam compatíveis com a impermeabilização, procurando detalhar ao máximo o projeto e para facilitar a execução.

## 5. CONCLUSÃO

É essencial uma análise prévia das manifestações patológicas e das suas causas, não sendo recomendável o tratamento em desacordo com as recomendações técnicas. O edifício se encontra em boas condições após a sua ocupação, que está completando 3 anos. As manifestações patológicas verificadas neste estudo são passíveis de correção. Entretanto, a demora da regularização das anomalias ocasionará o crescimento dos problemas existentes, além do surgimento de novos, o que compromete o desempenho da edificação como um todo, prejudicando a sua durabilidade e vida útil. Para tanto, devem ser adotadas as terapias das manifestações patológicas existentes, além das manutenções periódicas recomendadas na norma de desempenho, atentando-se para as indicações contidas no manual do usuário específico de cada edificação.

## 6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2008. *NBR 9574*: Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro, Brazil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2010. *NBR 9575*: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, Brazil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2011. *NBR 14037*: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, Brazil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2012. *NBR 5674*: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, Brazil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2013. *NBR 15575*: Edificações Habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, Brazil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2014. *NBR 6118*: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, Brazil.

Balbo, J.T., 2016. Pavimentos de concreto. Oficina de Textos, São Paulo, Brazil.

Baldauf, J. P.; Formoso, C. T.; Miron, L. I. G., 2013. "Modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos habitacionais de interesse social com o uso de BIM". *Ambiente Construído,* Vol. 13(3), p. 177-195.

Chamosa, J.V.; Ortiz, J.R., 1984. *Patologia de la construcción en España: aproximacion estadistica*. Informes de la Construcción. Madrid. Vol. 36 nº.1, p. 364.

Dal Molin, D.C.C., 1988. *Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

De Paula, C.C. et al., 2015. "Tratamento de infiltrações e selamento estrutural de fissuras com os sistemas de injeção em estruturas de concreto de barragens e usinas hidrelétricas". In *XXX Seminário Nacional de Grandes Barragens*. Foz do Iguaçu, Brazil.

Emmitt, S., 2009. *Architectural Technology*. John Wiley & Sons, New Jersey, 2nd edition.

Franco, L.S.; Barros, M.M.S.B.; Sabbatini, F.H., 1994. Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados. EPUSP/SICAL. EPUSP, São Paulo. p. 132.

Galletto, A., Andrello, J.M., 2011. "Estudo sobre patologias em estruturas de edificações no interior de São Paulo". In *7th International Conference on Structural Defects and Rehabilitation – CINPAR2011*. Fortaleza, Brazil.

Gentil, V., 2011. *Corrosão*. 6ed., Rio de Janeiro: LTC.

International Organization for Standardization (ISO), 2000. *ISO 15686-1*: Buildings and constructed assets – Service Life Planning – Part 1: General principles. Geneva: ISO.

John, V.M., Sjöström, C., Agopyan, V., 2002. "Durability in the built environment and sustainability in developing countries". In *9th International conference on durability of building materials and components.* Brisbane, Australia..

Jumaat, M.Z., Kabir, M.H., Obaydullah, M., 2006. "A review of the repair of reinforced concrete beam". *Journal of Applied Science Research*, vol.2(6), p. 317-326.

Marques, C. S., 2015. *Análise crítica da Norma de Desempenho, ABNT NBR 15575:2013 com ênfase na durabilidade e manutenabilidade*. Monografia (Especialização em Engenharia Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Matos, M.J.S., 2007. *Durabilidade como critério de projecto : o método factorial no contexto português.* Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Medeiros, M.H.F., Andrade, J.J.O., Helene, P., 2011. Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. *Concreto: ciência e tecnologia*. v. 1, p. 773–808.

Mineto, A., 2013. Impermeabilização de piscina. Construção e Mercado. São Paulo. Disponível em: < http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/140/artigo299159-1.aspx > Acesso em 14 mar 2018.

Moreno, S.H., Cárdenas, P.S., Lugo, D.G.O., 2017. "Comparative analysis method for service life estimation in architectural and durable design". *Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, Vol. *5*(12).

Oliveira, L.A., Mitidieri Filho, C.V., 2012. "O Projeto de Edifícios Habitacionais Considerando a Norma Brasileira de Desempenho: análise aplicada para as vedações verticais". *Gestão & Tecnologia de Projetos*, Vol. *7*(1), p. 90-100.

QTR, 2015. "Increasing Efficiency of Building Systems and Technologies" Quadrennial Technology Review. 15 Fev. 2018 < https://energy.gov/sites/prod/files/2017/03/f34/qtr-2015-chapter5.pdf >.

Sá, A.M.V.D.O., 2005. *Durabilidade de cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes fachadas.* Dissertação (Mestrado em Engenheria), Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Sampaio, I. A., 2010. *Avaliação de materiais na ligação entre concreto novo/concreto velho*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.

Souza, J.C. S.; Melhado, S.B., 1998. Diretrizes para uma metodologia de projeto de impermeabilização de pisos do pavimento tipo de edifícios. In: *Congresso Latinoamericano Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Soluções para o Terceiro Milênio*, São Paulo.

Téchne. 2010. Recuperação no chão. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/154/artigo286669-3.aspx>. Acesso em 07 março de 2018.

Teixeira, C.H., 2010. Fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado: Recomendações para técnicas de prevenção. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Thomaz, E., 1989. *Trincas em edifícios*: causas prevenção e recuperação. São Paulo: Pini.

Thomaz, E., Helene, P., 2000. *Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Tramontin, A. P., Moreno Junior, A. L., Oliveira, C.R., 2013. "Experimental evaluation of the prevention methods for the interface between masonry infill walls and concrete columns", *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, vol. 6(5), p. 765-773.

Valle, J.B.S., 2008. Patologia das alvenarias: Causa , diagnóstico e previsibilidade. Especialização em Tecnologia da Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Vedacit. 2013. Manual técnico de impermeabilização de estruturas. 7° Edição, 98p.

Yurdakul, Ö., Avşar, Ö., 2015. "Structural repairing of damaged reinforced concrete beam-column assemblies with CFRPs". *Structural Engineering and Mechanics*, Vol. 54 (3), p.521-543.

Zozulák, M., Vertal, M., Katunskýa, D., 2014. "Numerical Analysis of Window Structure Seating Depth Effects on Surface Temperature and Linear Thermal Transmittance", *Advanced Materials Research*, Vol. 1057, p. 53-60.

Zucchi, F.L., 2015. *Técnicas para o reforço de elementos estruturais*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET) QUANDO SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

**Janaina Michelli Fiorentin Giaretton**
***Mil*ena Fabiani Pinto**
**Cristina Vitorino da Silva**
**Daiane De Sena Brisotto**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
*janainagiaretton@gmail.com / milenafabiani@outlook.com / cristina@uricer.edu.br / daiabrisotto@uricer.edu.br*

***Resumo:.*** *O concreto é o material de construção mais utilizado no mundo. Entretanto, para acompanhar de maneira eficiente os novos parâmetros construtivos das edificações, tornou-se necessário o aprimoramento de suas propriedades. Nesse cenário, obteve-se concretos cada vez mais resistentes e duráveis, como por exemplo, o Concreto de Alta Resistência (CAR), sendo esse descrito como grande avanço na área tecnológica do concreto. Contudo, quando exposto a situações de altas temperaturas, o CAR apresenta comportamento mais sensível, o que pode levar a ocorrência do desplacamento explosivo (spalling). Atualmente a adição de fibras vem sendo utilizada como método de controle para este fenômeno. Com o objetivo de analisar o comportamento do CAR submetido a altas temperaturas, sem e com a adição de 1% de fibra de Polietileno Tereftalato (PET), foram realizados ensaios com corpos de prova expostos a diferentes temperaturas (23°C; 400ºC; e 800ºC), tempos de exposição (30 min e 60 min). Após o aquecimento, foi analisada a influência da fibra de PET na resistência à compressão uniaxial, sendo que nos 800ºC, independente da presença das fibras o material perdeu sua função estrutural. Em função do tempo já nos 30 primeiros minutos ocorreram perdas significativas nas propriedades do concreto, mostrando uma necessidade de interversão rápida em situação de incêndio. Entretanto, a adição das fibras de PET reduziu significativamente a ocorrência do spalling e de fissuras no concreto sob ação térmica.*

***Palavras chave:*** *CAR, Desplacamento explosivo (spalling), Fibra de PET.*

## 1. INTRODUÇÃO

Embora o concreto apresente baixa condutibilidade térmica, isto é, não exala gases tóxicos e seja um material incombustível, quando submetido a altas temperaturas ocorre o comprometimento de seu desempenho estrutural (Menesses, 2011). A exposição de uma estrutura frente a elevadas temperaturas pode causar a redução de suas propriedades mecânicas, entre elas a resistência à compressão. Além disto, as manifestações patológicas tais como, perda de massa, alteração na coloração, fissuração e até desplacamento explosivo afetam a integridade estrutural do elemento (Grupta et al., 2017).

Dada a importância do concreto como um material estrutural, o mesmo acabou se tornando tópico de diversas pesquisas, tendo como finalidade o melhoramento de suas propriedades e aplicabilidade, a fim de proporcionar maior conforto e segurança aos seus usuários (Serrano et al., 2016). Nesse cenário, se obteve produtos cada vez mais resistentes e duráveis, tais como o Concreto de Alta Resistência (CAR). As alterações feitas na composição e dosagem desses concretos tem melhorado suas propriedades principalmente em relação à resistência, reologia no estado fresco, tenacidade, compacidade e, consequentemente, aumentando a durabilidade desse composto (Nince, 2006).

Essas modificações fazem com que estes concretos “especiais" superem o convencional em quase todos os quesitos de desempenho, visto que são caracterizados por possuir um baixo volume de vazios e alta densidade. Entretanto, quando expostos a situações de aquecimento severo, como um incêndio por exemplo, apresentam comportamento mais sensível, tornando-se mais suscetíveis a ocorrência do fenômeno denominado spalling, que acontece quando a superfície do concreto exposta ao fogo se desprende da camada interna (Maluk et al., 2017).

Sabe-se através de resultados obtidos em diversos trabalhos, voltados para a avaliação do efeito das elevadas temperaturas sobre as estruturas de concreto, que essa exposição afeta as propriedades e o comportamento do concreto convencional e o de alta resistência de forma distinta. Essa diferença é bastante visível, visto que existe maior ocorrência do lascamento explosivo em Concreto de Alta Resistência, levando a perda prematura de sua capacidade estrutural (Phan, 2007).

Desta forma, se faz necessário a utilização de algum recurso para minimizar o efeito da temperatura sobre o concreto. Em vista disso, a incorporação de fibras na matriz do concreto surgiu como uma alternativa para melhorar as propriedades do mesmo, sendo que no caso de exposição a elevadas temperaturas tende a atrasar o aparecimento de fissuras e reduzir o risco de spalling (Nince, 2006; Serrano et al., 2016; Grupta et al., 2017; Maluk et al., 2017; Mohammadhosseini; Yatin, 2017). A incorporação dessas fibras com baixo ponto de fusão reduz o risco de lascamento e a fissuração do concreto por meio da formação de pequenos vazios e canais que permitem a dissipação de pressão e vapor, diminuindo as pressões internas (Nince, 2006).

Com base no exposto acima, torna-se indispensável compreender e interpretar os efeitos das ações térmicas no concreto. Sendo assim, essa pesquisa visa estudar o efeito da adição de fibra de Polietileno Tereftalato (PET) no Concreto de Alta Resistência quando este for submetido a altas temperaturas e analisar seu comportamento, contrapondo com o desempenho do concreto sem adição de fibras, sob as mesmas condições

## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Esta pesquisa possui como propósito investigar a resistência à compressão uniaxial do concreto de alta resistência após submetê-lo a altas temperaturas e verificar a influência da adição da macrofibra de Polietileno Tereftalato (PET) no controle do desplacamento explosivo (spalling). Para isso, foi definido o programa experimental ilustrado na fig. 1, permitindo trabalhar com fatores controláveis que, com o auxílio de ferramentas de estatística, puderam ser analisados de maneira a verificar a influência que exerceram nas variáveis de resposta.

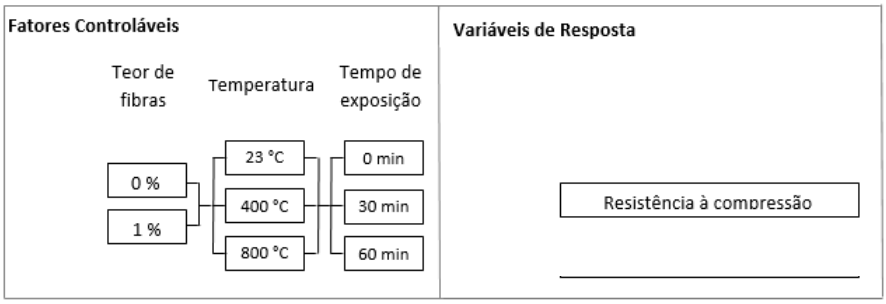



Figura 1. Programa experimental

### 2.1 Materiais utlizados

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CPV - ARI, com massa especifica de 3,04 g/cm3, determinado de acordo com a NBR 5733 (ABNT, 1991).

O agregado graúdo que foi empregado para a confecção do concreto foi a brita 19 mm, comercialmente conhecida como Brita 1, de origem basáltica. A mesma apresentou o módulo de finura na ordem de 6,94, a massa específica de 2,84 g/cm³, a absorção de água de 1,43 % e a massa unitária de1,64 g/cm³, sendo essas determinadas de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), NBR NM 53 (ABNT, 2009), NBR NM 30 (ABNT, 2001), NBR NM 45 (ABNT, 2006), respectivamente.

O agregado miúdo empregado foi uma areia média natural de origem quartzosa, com dimensão máxima característica de 4,75 mm e módulo de finura de 2,40. A massa específica (0,60 g/cm³) foi determinada de acordo com a NBR NM 52 (ABNT, 2009), a absorção de água (1,55 %) segundo a NBR NM 30 (ABNT, 2001), e a massa unitária (2,50 g/cm³) seguindo a NBR NM 45 (ABNT, 2006).

Um aditivo superplastificante para concretos, foi empregado para compensar a perda na trabalhabilidade do CAR devido a grande quantidade de finos na mistura. Sílica ativa, com densidade de 2,22g/cm³, substituindo 10% do volume de cimento, foi utilizada para auxiliar no ganho de resistência.

A água utilizada para a produção dos concretos foi proveniente da rede de abastecimento pública de Erechim (RS).

As fibras empregadas para o controle do efeito spalling foram as macrofibras de Polietileno de Tereftalato (PET) (Figura 2) com 15 mm de comprimento e 2 mm de largura.

Figura 2. Macrofibras de Polietileno Tereftalato

### 2.2 Dosagem

O método utilizado para a dosagem foi o IPT/EPUSP modificado, sendo especificado um abatimento de tronco de cone de 130 ± 20 mm e resistência à compressão aos 28 dias da ordem de 55 MPa. Os resultados obtidos para a dosagem do concreto estão apresentados na Tabela 1, sendo empregado o traço de 1:5 para produção dos corpos de prova devido ao seu menor consumo de cimento e atendimento da resistência desejada.

Tabela 1. Dosagem do concreto

| Traços | α | Traço unitário | | | | a/c | Slump (mm) | Aditivo (%) | Consumo de cimento (Kg/m³) | H (%) | Resistência |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | c | A | p | sa | | | | | | Fcj (MPa) |
| 2 | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 1,5 | 0,1 | 0,2 | 150 | 1,28 | 970,972 | 0,065 | 68,7 |
| 3,5 | | 0,9 | 1,25 | 2,25 | 0,1 | 0,29 | 130 | 0,86 | 519,521 | 0,065 | 63,90 |
| 5 | | 0,9 | 2 | 3 | 0,1 | 0,39 | 150 | 0,79 | 386,483 | 0,065 | 65,26 |

### 2.3 Moldagem e cura

Os CP's foram moldados em formato cilíndrico, com dimensões 100 x 200 mm, seguindo as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2015). A mistura dos materiais utilizados para a fabricação do concreto seguiu sempre a mesma ordem, fazendo uso de uma betoneira de eixo vertical. Em seguida os CP's foram adensados em mesa vibratória, identificados e deixados por um período de 24 horas antes de serem desmoldados, em ambiente protegido das intempéries. Após o desmolde os corpos passaram pelo processo de cura úmida até atingir a idade de 28 dias. Aos 28 dias os CP´s foram retirados da câmera úmida e deixados em um lugar protegido da ação de intempéries, por um período de 72 horas, de modo que a umidade adquirida no decorrer desse processo pudesse se igualar com a do ambiente.

### 2.4 Aquecimento dos corpos de prova

Os CP's foram aquecidos a dois níveis de temperatura (400ºC e 800ºC), utilizando uma taxa de aquecimento constante de 12ºC/min. Após atingirem a temperatura desejada, os mesmos permaneceram submetidos a esta temperatura durante intervalos de tempo de 30 e 60 minutos. O resfriamento natural, fora do forno, ocorreu por um período mínimo 24 horas antes de serem iniciados os demais ensaios.

O equipamento utilizado para o aquecimento, foi uma mufla da marca SANCHIS, com capacidade térmica de até 1200ºC. Como o concreto quando exposto a altas temperaturas está sujeito a ocorrência de desplacamentos explosivos, podendo esses provocar algum possível dano ao revestimento cerâmico da mufla, uma proteção em aço inoxidável foi empregada para o aquecimento dos corpos de prova.

### 2.5 Ensaio de resistência à compressão

O método de ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto seguiu as determinações da norma brasileira NBR 5739 (ABNT, 2007). Foram ensaiados quatro corpos de prova para cada teor de fibra, os quais serão aquecidos a diferentes níveis de temperaturas e tempos de exposição. Após o resfriamento natural (24 horas), ocorreu a ruptura desses CP's através da prensa servo-hidráulica, da marca EMIC-modelo PC200CS, com capacidade de 2.000KN e velocidade de carregamento de 0,45 MPa/s, acoplada a um computador com software TESC-Test SCRIPT- Test Script e velocidade de carregamento de 0,45 MPa/s.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta os valores de resistência à compressão média para as amostras em temperatura ambiente, ou sejas as que não foram submetidas ao efeito da temperatura. Observa-se uma redução na resistência do concreto a medida que se adicionou fibra de PET. Isso se deve ao fato que o espaço antes ocupado pela argamassa passou a ser preenchido por um material com resistência inferior. Além disso, a fibra possui superfície lisa, reduzindo a aderência pasta/PET e favorecendo o enfraquecimento da interface (Silva, 2013).

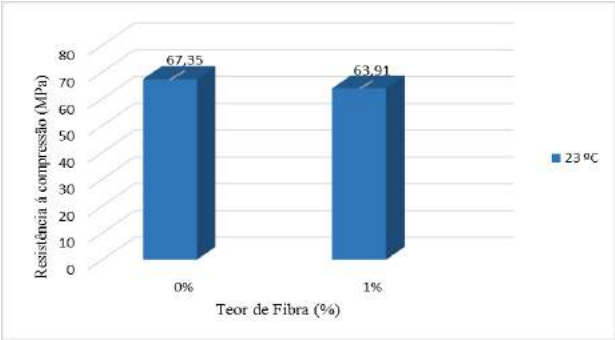



Figura 3. Resistencia à compressão média aos 23ºC

Para as amostras submetidas as temperaturas de 400ºC e 800ºC, os dados foram tratados estatisticamente pelo método de análise de variância (ANOVA), onde buscou-se avaliar os fatores de controle (teor de adição, temperatura e tempo de exposição), isolados e combinados entre si, e identificar os fatores que tiveram influência significativa na resistência à compressão do concreto (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de Variância (ANOVA) – Resistência à compressão uniaxial

| | GDL | MS | F (clac.) | P | Significância |
|---|---|---|---|---|---|
| **Teor de Adição (%) (1)** | 1 | 96,87 | 1,7590 | 0,195857 | Não |
| **Temperatura (°C) (2)** | 1 | 4787,68 | 277,603 | 0,000000 | Sim |
| **Tempo de Exposição (min) (3)** | 1 | 58,13 | 0,2441 | 0,625262 | Sim |
| **(1) x (2) x (3)** | 1 | 126,04 | 7,308 | 0,013310 | Sim |
| **Erro** | 21 | 17,25 | | | |

GDL: graus de liberdade; MS: média simples; F(calc): valor calculado de F; P: nível de significância; S: valor significativo; NS: valor não significativo; Se P<5% valor significativo.

A Figura 4 ilustra a influência dos efeitos isolados dos fatores controláveis (temperatura e tempo de exposição) sobre a resistência à compressão.

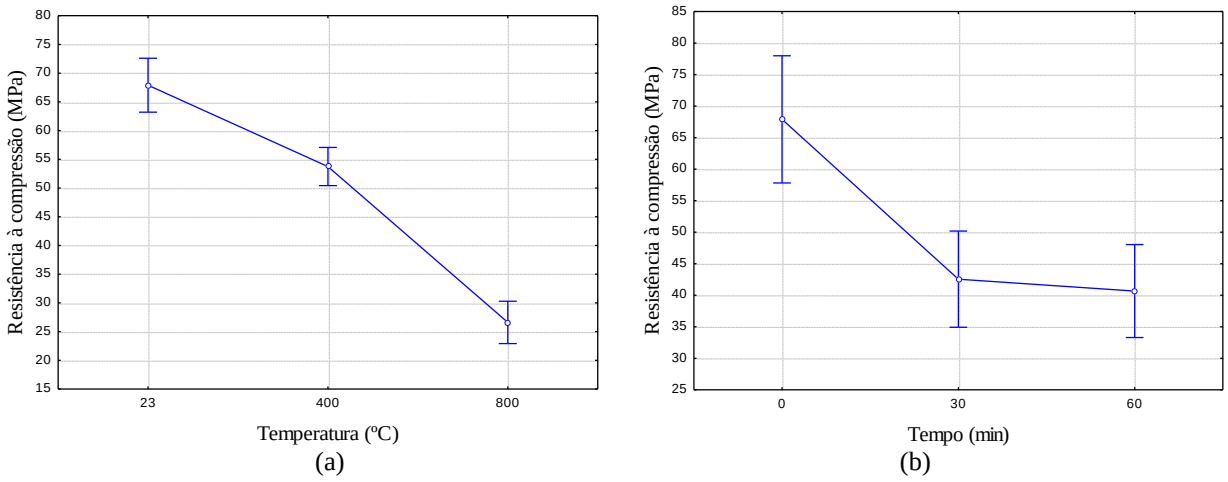



Figura 4. Efeito isolado da temperatura (a) e do tempo de exposição (b) sobre a resistência à compressão

Por meio da análise estatística de variância pode-se constatar que a temperatura e o tempo de exposição exercem influência significativa na redução da resistência à compressão, comportamento esse já esperado e descrito por Kodur (2005), Silva (2013) e Phan (2017). Este comportamento deve-se a desidratação da matriz do concreto, devido à perda de água ocasionada pelo aumento da temperatura e pressão, provocando o comprometimento de suas propriedades mecânicas (Phan, 2007; Bashasdy, 2013; Arioz, 2007; Grupta et al., 2017; Phan, 2017).

Observa-se na Figura 4 (a) que na medida em que a temperatura aumenta, a redução da resistência à compressão do CAR tornou-se mais acentuada, sendo que em 800ºC ocorreu um decréscimo de 58,93% em relação a temperatura ambiente, enquanto que para 400ºC, essa redução foi de 16,85%. Conforme salientado por Kodur (2014), a queda da

resistência a partir dos 400ºC ocorre devido a dissociação do C-S-H em óxido de cálcio (CaO) e água, visto que a principal função do C-S-H é manter a pasta de cimento unida por meio de ligações químicas e das forças Van der Waals.

Para a Figura 4 (b) a análise estatística, por intermédio do teste Fisher, mostrou que houve uma redução significativa para os tempos de 30 e 60 minutos de exposição. Entretanto, o decréscimo dessa propriedade é mais acentuado nos primeiros 30 minutos, enquanto entre os tempos de 30 e 60 minutos a redução da resistência à compressão foi insignificante estatisticamente. Nos primeiros 30 minutos de exposição a resistência à compressão reduziu 37,33% e o módulo 49,57%, enquanto que entre 30 e 60 minutos esta redução foi cerca de 4,44% e 36,4%, respectivamente. Confirma-se assim, a necessidade de intervenção de incêndios de maneira mais rápida possível, visto o grande comprometimento das propriedades mecânicas em curtos intervalos de tempo (Nince, 2006).

O efeito combinado dos três fatores, teor de adição, temperatura e tempo de exposição sobre a resistência à compressão axial do concreto é demonstrado na Figura 5.

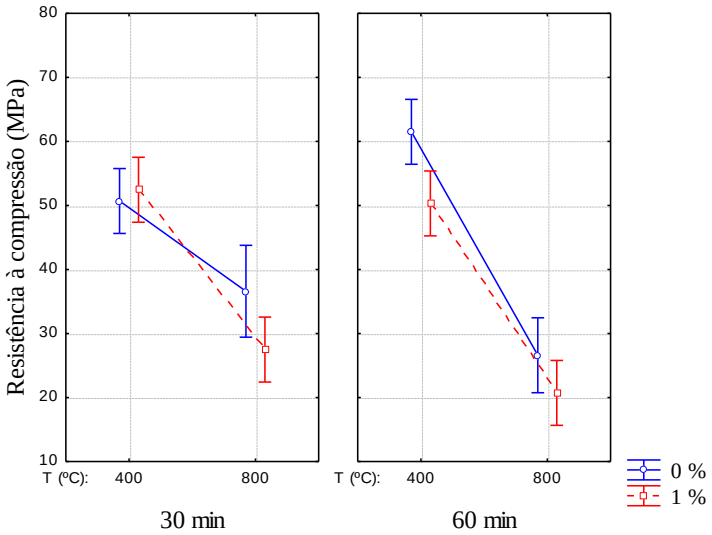



Figura 5. Efeito combinado dos três fatores controláveis sobre a resistência à compressão

Ao analisar os gráficos referentes das Figuras 5, constata-se que o incremento da temperatura e do tempo de exposição influenciam significativamente para a redução da resistência à compressão do concreto, tanto para o concreto sem fibra quanto para o com adição. Esse comportamento é justificado pela perda de água da matriz resultando na desidratação da mesma e no comprometimento das propriedades mecânicas (Kondur, 2005; Silva, 2013). Entretanto, é importante salientar que apesar dos baixos valores encontrados para a resistência à compressão a presença de macrofibras de PET concreto preveniu a ocorrência do fenômeno do spalling, demostrando assim sua capacidade de aliviar as tensões internas gerada pela exposição a elevadas temperaturas.

## 4. CONCLUSÃO

Essa pesquisa buscou avaliar o comportamento do Concreto de Alta Resistência (CAR) com e sem adição de fibras de Polietileno Tereftalato (PET), quando o mesmo é submetido a diferentes níveis de temperatura e tempos de exposição, verificando a eficiência dessa fibra no controle dos desplacamentos do concreto.

Em relação à a resistência à compressão, o uso de fibra de PET não proporcionou um ganho nessa propriedade devido, principalmente, ao aumento da porosidade ocasionado pelo derretimento das fibras e, consequentemente, aumentando o número de vazios. De modo geral, os resultados demostraram perdas consideráveis nesta propriedade com o aumento da temperatura e tempo de exposição. Em 800ºC, independente da presença de fibra, o material perde sua função estrutural. Em relação ao tempo, já nos primeiros 30 minutos ocorrem perdas significativas das propriedades do concreto, mostrando assim a necessidade de ação rápida em uma situação de incêndio.

Diante do exposto a cima, torna-se evidente a influência da temperatura na deterioração das propriedades do concreto, bem como na incidência de desplacamentos, podendo esses danos, dependendo de sua intensidade, causar a perda da capacidade estrutural. Assim fica claro a necessidade de se utilizar mecanismos de proteção para se evitar maiores danos estruturais.

## 5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregado miúdo- Determinação da absorção de água. NBR NM 30. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. NBR NM 45. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregados – Determinação da composição granulométrica. NBR NM 248. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. NBR NM 52. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregado graúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. NBR NM 53. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Cimento Porthand de alta resistência inicial. NBR 5733. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas**.** Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. NBR 5739. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

Arioz, O. Effects of elevated temperature on properties of concrete. Fire Safety Journal. v. 42, p. 516-522, mar. 2017.

Bashand, A. A. Influence of elevated temperature on the behavior of economical reactive powder concrete. Journal of Civil Engineering Researcg. v. 3, p. 89-97, 2013.

Grupta, T., Sharma, R. K., Chaudhary, S., Siddique, S. Effect of elevated temperature and cooling regimes on mechanical and durability properties of concrete containing waste rubber fiber. Construction and Building Materials. v.137, p. 35-445, jan. 2017.

Kodur, V. R. Performance of high-strength concrete in fire. Construction Canada, Ottawa, v.42, p. 6-9, Jan, 2005.

Kodur, V. Properties of concrete at elevated temperatures. Hindawi Publishing Corporation East Lansing, USA, mar. 2014.

Maluk, C.; TERRASI, G. P.; BISBY, I. Effects of polypropylene fibre type and dose on the propensity for heat-induced concrete spalling. Engineering Structures, v. 141, p. 584-595, mar. 2017.

Menesses, I. A. Avaliação de concreto com adição e fibra de PET submetido a altas temperaturas. 2011. 91f. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, 2011.

Mohammadhosseini, H., Yatim, J. M. Microstructure and residual properties of green concrete composites incorporating waste carpet fibers and palm oil fuel ash at elevated. Journal of Cleaner Production,p. 8-21, mar. 2017.

Nince, A. A. Lascamento do concreto exposto a altas temperaturas. 2006. 336f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2006.

Phan. L. T. High-strength concrete at high temperature – an overview. In: BUILDING AND FIRE RESEARCH LABORATORY. National Institute of Standard and Technology, 2002. Disponível em: < http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=860408 >. Acesso em: setembro, 2017.

Phan. L. T. Spalling and mechanical properties of strength concrete at high temperature. Proc. of CONSEC' 07, Tours, France, 2007.

Serrano, R.., Cobo, A., González, M. N., Pietro., M. I. Analysis off fire resistance of concrete with polypropylene or steel fibers. Construction and Building Materials. v. 122, p. 302-309, jul. 2016. Os autores são os unicos responsáveis do material impresso incluindo neste artigo.

Silva, J. S. da. Estudo de concretos de diferentes resistências à compressão submetidos a altas temperaturas sem e com incorporação de fibras de politereftalato de etileno (PET). 2013. 147 f. Dissertação (Título de Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluindo neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE GESSO CONVENCIONAL E SUA SUBSTITUIÇÃO POR GESSO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**João Alberto Cechetti**[1]
joaoacechetti@hotmail.com

**Profª Drª Cristina Vitorino da Silva**[1]
cristina@uricer.edu.br
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim

***Resumo.*** *A presente pesquisa busca analisar propriedades mecânicas como a resistência à compressão e a resistência à tração na flexão da substituição do gesso convencional por gesso reciclado, como também, gerar alternativas de reutilização dos resíduos de gesso na construção civil, utilizando placas de gesso provenientes da execução de forros e molduras. O gesso é produzido em diversos países do mundo, com um consumo anual, segundo Bezerra (2009), de cerca de 125 milhões de toneladas, das quais o Brasil participa com cerca de 2.000.000 de toneladas. Com produção voltada basicamente para suprir o consumo interno, o Brasil aparece como 16º produtor mundial, mas as previsões é que tenha o consumo duplicado até 2030. No Brasil o gesso é largamente utilizado como material de acabamento, especialmente na produção de placas de forros e elementos decorativos. Estas propriedades foram avaliadas considerando alguns parâmetros como o tempo de calcinação de 6 h e 8 h, a temperaturas de calcinação de 175 °C e 200 °C e os teores de substituição de gesso reciclado de 50% e 75%. Diante dos resultados encontrados, o gesso reciclado pode ser substituído parcialmente por gesso convencional.*

***Palavras Chave:*** *Propriedades mecânicas, resistência à compressão, resistência à tração na flexão, gesso reciclado.*

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização do gesso na construção civil remonta uma história de aproximadamente 8000 a.C., onde se usava sua forma mais crua de pedra natural (sem nenhum processo industrial) na Anatólia (Turquia moderna) e na Síria. O seu desenvolvimento começou em construções e decorações na Babilônia, Mesopotâmia e Assíria. As pesquisas mostram que os egípcios antigos utilizavam o gesso moído antes de misturá-lo com água para uso mineral e blocos de construção.

Nos dias atuais, século XXI, pensando em suprir as necessidades da construção civil em busca de empregar materiais que utilizem menor quantidade de combustível em seu processo de fabricação e atentando-se para a preocupação ambiental, onde cada vez menos busca-se extrair recursos naturais, o gesso desponta como um material com grande potencial de utilização tanto na construção civil como para acabamento em artesanato. Ainda tal material vem sendo empregado na área agrícola, por possuir baixo consumo energético e grandes possibilidades de reciclagem. Desta maneira, tornando viável sua utilização por um longo período de tempo (JOHN; CINCOTTO, 2007).

Sendo assim, devido a sua vasta utilização e possível desperdício, a busca pela preservação do meio ambiente e reinserção deste material em um novo ciclo torna-se atrativo. Diante na nova Resolução n° 431 (CONAMA, 2011) este cenário só ganhou forças onde os resíduos provenientes do gesso da construção civil apresentam-se como um material com potencial de reaproveitamento para a cadeia produtiva da construção civil, sendo este o propósito principal desta pesquisa.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Gesso reciclado e gesso convencional

O gesso comercial utilizado foi o gesso de fundição (tipo A), composto basicamente por um hemidrato (beta). O mesmo deve pode ser utilizado na produção industrial ou artesanal de componentes pré-moldados de gesso, destinados à

construção civil, como blocos e placas, ou elementos decorativos, dentre eles estatuetas e imagens. Este gesso foi utilizado parcialmente em todas as combinações de gesso e como totalidade para o gesso referência (sã).

O gesso reciclado utilizado neste trabalho é proveniente de resíduos de molduras e placas de forro de gesso, coletado na cidade de Erechim - RS.

### 2.2 Transformação do gesso reciclado

.

A primeira etapa consiste na britagem manual, esta foi feita a fim de reduzir o tamanho dos resíduos de placas de gesso e de molduras. A segunda etapa contou com a trituração mecânica, onde com a ajuda de um britador foi possível reduzir significativamente as dimensões das partículas. Este britador é um britador de impacto, onde pode-se regular o espaçamento entre suas mandíbulas, fazendo com que passasse apenas o material com dimensões inferiores a este espaçamento, a distância deixada entre as mandíbulas foi de 1,2 cm quando recuadas e de 0,5 cm quando impactadas.

O terceiro procedimento foi o de moagem, onde após o material passar pela etapa dois foi submetido ao moinho de bolas. Esse procedimento contou com um tempo de moagem de 5 horas, onde cada jarro (dois) do moinho de bolas continha 2 kg de gesso e 1 kg de esferas, tendo uma relação esfera/gesso de 0,5. A relação esfera/gesso e o tempo de moagem foram escolhidos seguindo critérios de bibliografias relacionadas ao estudo proposto (Nascimento; Pimentel, 2010).

O processo de calcinação foi feito apenas para o gesso reciclado, onde após passar pela etapa de moagem foi submetido a esse procedimento. O material foi dividido e levado em quatro fôrmas para duas estufas, onde uma das estufas foi mantida em uma temperatura de 175 °C e a outra em 200 °C. Dessa maneira, foram duas fôrmas para cada estufa, onde após 6 horas de calcinação foi retirada apenas uma fôrma, deixando o material em repouso por 10 minutos e após, sendo armazenado em sacolas plásticas para impedir a entrada de umidade. As outras duas fôrmas restantes permaneceram por mais 2 horas com as suas temperaturas respectivas, totalizando um tempo de 8 horas em estufa, onde após sua retirada foi feito o mesmo processo de repouso por 10 minutos e na sequência o seu devido armazenamento.

### 2.3 Homogeneização

A etapa de homogeneização foi à última etapa antes de iniciar o ensaio, onde a mesma demandou das porcentagens de substituição já citadas de gesso convencional por gesso reciclado, obtendo oito tipos diferentes de gesso:

Gesso 1 = 6 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 2 = 6 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 3 = 6 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 75% de gesso reciclado;
Gesso 4 = 6 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 75% de gesso reciclado;
Gesso 5 = 8 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 6 = 8 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 7 = 8 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 75% de gesso reciclado;
Gesso 8 = 8 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 75% de gesso reciclado.

Seguindo as etapas, ainda se tem o gesso sã, o qual não conta com nenhum teor de substituição.

### 2.4 Pasta de gesso

Para a preparação das pastas, primeiramente, foi colocado à quantidade necessária de água no recipiente de mistura, em seguida foi feito o processo de polvilhamento do pó de gesso sobre a água deixando em repouso a mistura por 2 minutos. Por fim a solução era homogeneizada com o auxílio de uma espátula por cerca de 1 minuto, onde no fim deste processo a pasta estava com suas partículas totalmente hidratadas. A relação água/gesso adotada foi 0,70.

A partir das pastas produzidas, as mesmas foram armazenadas em corpos de prova de 4x4x16 cm, onde após 28 dias foram desmoldadas e submetidas ao ensaio.

### 2.5 Resistência à compressão

A resistência à compressão é determinada pelo ensaio descrito segundo a NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT, 2005). Para cada tipo de gesso foi analisado quatro corpos de prova.

Para a determinação dos valores individuais de cada ensaio o corpo de prova foi posicionado em uma prensa entre duas placas de metal transversais à esses, tendo então, uma seção de ruptura com dimensões de 40 x 40 mm em cada face. Sendo assim, os corpos de prova foram rompidos aos 28 dias e os resultados foram obtidos conforme a equação 1.

$$Rc = \frac{Fc}{1600} \quad (1)$$

Rc = resistência à compressão, em megapascal (MPa);
Fc = carga máxima aplicada, em newton (N);
1600 = área de seção considerada quadrada do dispositivo de carga 40 mm x 40 mm, em milímetros quadrados ($mm^2$).

### 2.6 Resistência à tração na flexão

Para o ensaio de resistência à tração na flexão foi utilizado como parâmetro a NBR 13279 (ABNT, 2005), utilizando o mesmo equipamento do ensaio anterior para medir este parâmetro.

Quatro corpos de prova de cada tipo de gesso foram avaliados neste ensaio aos 28 dias, essas amostras foram colocadas sobre uma prensa, onde cada amostra de dimensões 40 x 40 x 160 mm ficou sobre dois apoios em distâncias equivalentes, sem haver nenhuma excentricidade, sendo que depois de feito esse posicionamento foi aplicado uma carga de forma gradual e uniforme. Após o rompimento de todas as amostras e retirado todos os dados necessários, os resultados foram obtidos segundo a equação 2.

$$Rt = \frac{1{,}5\ x\ Ft\ x\ L}{40^3} \tag{2}$$

Rt = resistência à tração na flexão, em megapascal (MPa);
Ft = carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newton (N);
L = distância entre os cutelos de suporte, em milímetro (mm);

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante das diferentes composições de gesso geradas entre combinações de temperaturas de calcinação em diferentes tempos e de substituições do gesso convencional por gesso reciclado foram determinadas as propriedades citadas anteriormente. Cabe salientar que para as propriedades mecânicas foi empregado o software Statística 8.0 (ANOVA) para análise estatística dos resultados.

### 3.1 Resistência à compressão

Os valores encontrados no ensaio mecânico de resistência à compressão estão dispostos na Tab. 1. Estes valores são referentes a quatro determinações, com valores tratados acima de 15% de variabilidade

Tabela 1 - Resultados médios do ensaio de resistência à compressão.

| Gesso | Resistência à Compressão Média (Mpa) | D.P. | CV (%) |
|---|---|---|---|
| Gesso 1 | 7,38 | 0,52 | 6,78 |
| Gesso 2 | 8,09 | 0,86 | 10,80 |
| Gesso 3 | 7,71 | 0,43 | 5,56 |
| Gesso 4 | 8,38 | 0,46 | 5,51 |
| Gesso 5 | 8,02 | 0,12 | 1,47 |
| Gesso 6 | 9,36 | 0,92 | 9,78 |
| Gesso 7 | 8,45 | 0,15 | 1,64 |
| Gesso 8 | 7,72 | 0,90 | 11,72 |
| Gesso sã | 6,82 | 0,84 | 12,36 |

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que nem todas as combinações estão de acordo com as exigências da NBR 13207 - Gesso para construção civil (ABNT, 1994), onde o mínimo é de 8,40 MPa, sendo que, a menor resistência encontrada é a do gesso sã e a maior resistência para este ensaio é do gesso G6(50%, 8h, 200 °C).

Analisando os resultados, para o tempo de calcinação tem-se maior variação para o tempo de 8 horas, com um acréscimo de 25,89%, e 15,98% de acréscimo para o tempo de 6 horas em relação ao gesso sã. Quanto às temperaturas observa-se um acréscimos de 19,43% e 22,44% para 175°C e 200°C respectivamente.

De acordo com as Tab. 2 e 3, resultantes de análise estatística, verifica-se quais parâmetros tem significância, onde na tabela 2 compara-se isoladamente o teor de substituição para o ensaio de resistência à compressão, em que este engloba os teores de 50%, 75% e o gesso referência (0%). Já a Tab. 3 relaciona todas as combinações possíveis e isoladas entre os fatores de controle.

Tabela 2 - Comparação apenas entre os teores de substituição - ANOVA.

| Efeito | Graus de liberdade (n-1) | Média | f (Função calculada) | p* (Nível de significância) |
|---|---|---|---|---|
| Teor de substituição | 2 | 3,989 | 4,317 | 0,024048 |
| Erro | 26 | 0,924 | | |

* p<5% significativo

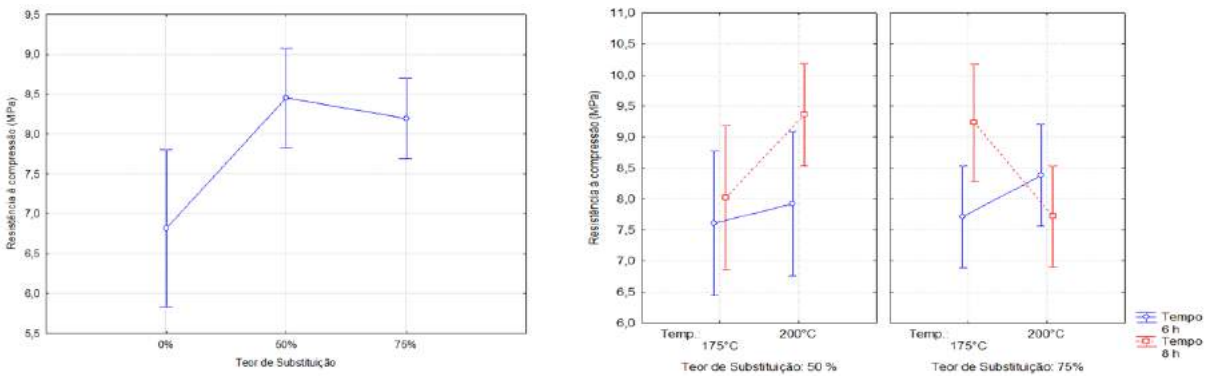
Nota-se que os resultados são significativos, pois seu nível de significância é menor que 5 %. Podendo ser verificada estas diferenças na Fig. 1 (a).

Tabela 3 - Comparação entre todos os fatores controláveis das oito combinações - ANOVA.

| Efeito | Graus de liberdade (n-1) | Média | f (Função calculada) | p* (Nível de significância) |
|---|---|---|---|---|
| Teor de Substituição | 1 | 0,006 | 0,010 | 0,920953 |
| Temperatura | 1 | 0,238 | 0,391 | 0,539860 |
| Tempo | 1 | 2,580 | 4,252 | 0,054836 |
| Teor x temperatura | 1 | 2,204 | 3,633 | 0,073695 |
| Teor x tempo | 1 | 0,347 | 0,572 | 0,460005 |
| Temperatura x tempo | 1 | 0,472 | 0,778 | 0,390021 |
| Teor x Temperatura x Tempo | 1 | 3,640 | 5,999 | 0,025450 |
| Erro | 17 | 0,607 | | |

* p<5% significativo

De acordo com a tabela 3, nota-se significância entre o teor x temperatura x tempo, onde o nível de significância é de 2,54%, sendo que o mesmo pode ser melhor analisado na Fig. 1 (b), em que utilizou-se juntamente o método de Fischer para análise.




(a) (b)

Figura 1 – (a) Análise dos resultados de resistência à compressão referente ao teor de substituição. (b) Análise dos resultados das oito combinações correlacionando todos os fatores simultaneamente segundo Statistica – ANOVA.

Analisando a Fig. 1(a), e comprovando através do método de Fischer, observa-se que o teor de substituição de 0% difere dos teores de 50% e 75%, pois seus intervalos não são os mesmos, ou seja, são valores considerados estatisticamente diferentes entre si. Já em relação aos teores de 50% e 75% temos um encontro entre limites, tornando eles iguais estatisticamente, esta afirmativa também é comprovada segundo o método de Fischer.

Para o grupo de 50% de substituição temos um acréscimo de 24,05% em relação ao gesso sã, onde para o grupo com 75% de substituição tem-se, também, um acréscimo, porém menor, de 20,23%.

Essas variações podem estar relacionadas com a distribuição granulométrica de cada composição, onde para as combinações com 50% de substituição acredita-se ter um melhor empacotamento da matriz, sendo que segundo Bardella (2011), observa-se resultados de resistência à compressão melhores para gessos grossos.

De acordo com a Fig. 1 (b), quando cruzados todos os valores dos oito diferentes tipos de gessos gerados, têm-se valores significativos, ou seja, que divergem entre si, entre os gessos G6(50%, 8h, 200°C) e G8(75%, 8h, 200°C), que se comparados nota-se que seus limites não se cruzam.

Outra hipótese que pode ter influenciado nesses resultados é a relação água/gesso, onde as pastas foram dosadas em massa e não em volume, ou seja, para combinações com teores de substituição de 75% se comparadas às demais,

demandavam de um volume maior. Sendo assim, sua mistura era mais coesa, afetando diretamente sua trabalhabilidade, levando então a possíveis vazios. Já para a pasta com 0% de substituição (gesso sã), a relação utilizada talvez fosse muito alta gerando uma pasta mais fluida, à qual, demorava mais para entrar em pega, originando também uma superfície de ruptura mais porosa, o que acabou por diminuir significativamente seus resultados.

Por fim, acredita-se que para as combinações com teores de 50% esta relação água/gesso pode ter sido relativamente suficiente, pois após misturar o pó de gesso com a água, sua pasta apresentava trabalhabilidade adequada, facilitando o empacotamento entre os grãos.

### 3.2 Resistência à tração na flexão

Os resultados encontrados no ensaio mecânico de resistência à tração na flexão estão dispostos na Tab. 4. Estes valores são referentes a quatro determinações, com valores tratados acima de 15% de variabilidade.

Tabela 4 - Resultados médios dos ensaios de resistência à tração na flexão.

| Gesso | Resistência à Tração na Flexão Média (Mpa) | D.P. | CV (%) |
|---|---|---|---|
| Gesso 1 | 3,61 | 0,29 | 8,07 |
| Gesso 2 | 3,19 | 0,44 | 13,82 |
| Gesso 3 | 3,62 | 0,25 | 6,82 |
| Gesso 4 | 3,24 | 0,13 | 4,04 |
| Gesso 5 | 3,59 | 0,50 | 13,80 |
| Gesso 6 | 3,52 | 0,27 | 7,81 |
| Gesso 7 | 3,15 | 0,25 | 8,01 |
| Gesso 8 | 3,33 | 0,15 | 4,46 |
| Gesso sã | 4,02 | 0,32 | 7,87 |

De acordo com os valores obtidos neste ensaio, pode-se fazer uma comparação aos de Savi (2012), onde o mesmo menciona uma variação para gessos nacionais de 4,40 MPa a 10,50 MPa, onde o gesso referência se aproxima desses valores com uma média de 4,02 MPa.

Analisando os fatores controláveis por grupos têm-se um decréscimo em todos eles, se comparados aos do gesso sã, onde para os tempos de calcinação de 6h e 8 h, respectivamente 15,03% e 15,43%, já para as temperaturas de calcinação 175°C e 200°C valores de 13,07% e 17,38% respectivamente.

Segundo Erbs (2015) os melhores resultados foram encontrados para as composições com 200 °C por 4 horas de calcinação e 180 °C por 24 horas. Onde os resultados não alcançaram nem 2,0 MPa, ou seja, os resultados ainda foram significativamente menores que os encontrados nesta pesquisa.

Analisando as combinações segundo o software Statistica 8.0 (ANOVA), têm-se resultados significativos apenas para os teores de substituição em comparação ao gesso sã, podendo ser verificado o nível de significância na Tab. 5.

Tabela 5 - Comparação apenas entre os teores de substituição – ANOVA.

| Efeito | Graus de liberdade (n-1) | Média | f (Função calculada) | p* (Nível de significância) |
|---|---|---|---|---|
| Teor de substituição | 2 | 0,7393 | 5,825 | 0,007290 |
| Erro | 30 | 0,1269 | | |

* p<5% significativo

Nota-se que os resultados são significativos, pois seu nível de significância é menor que 5 %. Podendo ser verificadas estas diferenças na Fig. 2.

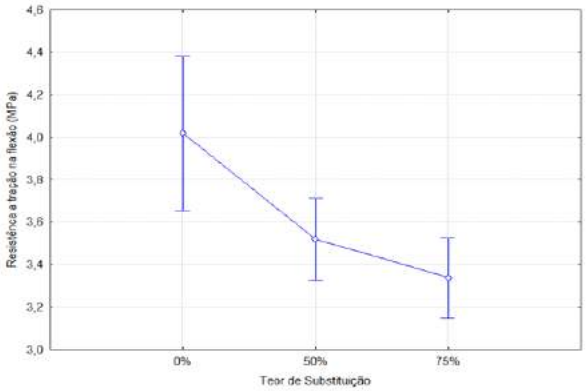



Figura 2 - Análise dos resultados de resistência à tração na flexão referente ao teor de substituição.

Analisando os fatores controláveis em relação aos teores de substituição observa-se um decréscimo em relação ao gesso sã, onde para os teores de substituição de 50% têm-se 12,44% e para 75% de 16,92%, onde segundo este software, observa-se uma variabilidade que pode chegar a 4,40 MPa conforme resultados de Savi (2012), já para gessos reciclados entre 0,7 MPa e 3,50 MPa, onde todas as combinações encontram-se neste intervalo ou ainda com valores um pouco superiores a estes.

Neste caso segundo interpretações pelo método de Fischer existe diferença entre o teor 0% (gesso sã) em relação aos teores de substituição de 50% e 75%, ou seja, seus valores são estatisticamente diferentes entre si. Se comparados os demais valores observa-se que entre 50% e 75% tem-se intervalos que se igualam, ou seja, podem ser considerados iguais. Uma hipótese que pode ter influenciado nesses resultados é a relação água/gesso, onde as pastas foram dosadas em massa e não em volume, se repetindo a mesma hipótese do ensaio de resistência à compressão.

## 4. CONCLUSÃO

Quanto a resistência à compressão, estatisticamente temos que os teores de substituição (50% e 75%) são iguais entre si, porém diferentes do gesso referência (0%), onde para os teores de substituição de 50% e 75% os resultados foram superiores. Já no ensaio de resistência à tração na flexão tem-se novamente que os teores de substituição (50% e 75%) são diferentes do gesso referência (0%), onde nesta análise o maior valor se dá para o gesso referência, já para os gessos reciclados destaque-se os gessos G3(75%, 6h, 175 C), G1(50%, 6h, 175 C) e G5(50%, 8h, 175 C). Sendo que as menores variações se dão para o grupo de 50% em relação ao gesso referência.

Ao final deste trabalho, conclui-se, então, que a utilização do gesso reciclado em substituição parcial do gesso convencional é viável, pois suas propriedades podem ser comparadas aos valores normativos e literários.

## 5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13207: Gesso para construção civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. NBR 13.279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005

Bardella, P. S. Análise das Propriedades de Pastas de Gesso de Construção Reciclado. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, 2011.

Bezerra, M. S. Relatório Técnico 34 Perfil da Gipsita. Ministério de Minas e Energia - MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - SGM. 2009.

CONAMA, 2011. “Resolução n°. 431: Estabelecendo nova classificação para o gesso”. p. 123.

Erbs, Alexandre. Determinação das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado proveniente das chapas de gesso acartonado. 2015. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

John, V. M.; Cincotto, M. A. Gesso de construção civil. In: ISAIA, G. C. Materiais de construção civil. São Paulo: Ibracon, 2007. p. 727-760.

Nascimento, F. J. de F.; Pimentel, L. L., 2010. “Reaproveitamento de Resíduo de Gesso”. In: XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-CAMPINAS, 2010, Campinas, Brasil.

Savi, O. Produção de placas de forro com a reciclagem do gesso. 2012. 233 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2012.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DE GESSO CONVENCIONAL POR GESSO RECICLADO PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**João Alberto Cechetti**[1]
joaoacechetti@hotmail.com

**Gabriela Albuquerque Três**[1]
gtresal@gmail.com

**Profª Drª Cristina Vitorino da Silva**[1]
cristina@uricer.edu.br
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim

***Resumo.*** *A busca por economia e viabilidade de materiais recicláveis e sustentáveis vem crescendo diariamente, onde a sustentabilidade vem sendo abordada fortemente entre nosso meio, passando então, a não ser só assunto entre pesquisadores, economistas e ambientalistas. Por consequência, a construção civil por gerar uma quantidade relevante de resíduos anuais e consequentemente em uma estatística com maiores acúmulos ao passar do tempo, tem grande espaço a ser estudado, podendo oferecer novas possibilidades de reciclagem e reutilização de materiais ao mercado produtivo, podendo gerar vida útil prolongada aos mesmos. Uma das alternativas pode ser o reaproveitamento dos resíduos de gesso oriundos de placas de forros e molduras de gesso, provenientes das sobras e dos descartes por mau uso. Nesta pesquisa foi determinada a dureza, uma das principais propriedades mecânicas do gesso, onde foi utilizado gesso reciclado, este podendo ser comparado ao próprio gesso convencional e especificações que a literatura traz. Esta propriedade foi avaliada considerando alguns parâmetros como o tempo de calcinação de 6 h e 8 h, a temperaturas de calcinação de 175 °C e 200 °C e os teores de substituição de gesso reciclado de 50% e 75%. Diante deste estudo o gesso reciclado pode ser substituído parcialmente por gesso convencional, pois os resultados encontrados mesmo abaixo dos normativos mostram acréscimo em relação aos resultados em comparação ao gesso convencional.*

***Palavras Chave:*** *Sustentabilidade, resíduos, dureza, propriedades mecânicas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como foco principal sustentabilidade e viabilidade de materiais utilizados na construção civil, de forma que permita a reciclagem e reutilização dos resíduos de gesso oriundos do descarte nos canteiros de obra. Em virtude da preocupação com o meio ambiente e a necessidade da criação de novas tecnologias ecologicamente viáveis, busca-se prolongar o ciclo e aumentar a vida útil de inúmeros recursos naturais, podendo observar um desenvolvimento positivo e crescente em nosso meio, desta forma garantindo melhor qualidade de vida as futuras gerações. Desta forma torna-se inevitável a adoção de novas estratégias que buscam a redução e reutilização de resíduos da construção civil.

Os resíduos da construção civil representam significativamente os resíduos sólidos urbanos gerados diariamente, onde, grande parte destes resíduos é oriundo de demolições, mas principalmente do desperdício de materiais nos canteiros de obra. Dentre os inúmeros materiais utilizados no setor da construção civil no Brasil, o gesso representa cerca de 5% do total destes resíduos, o que só tende a aumentar (BRASIL, 2009), devido ao fino acabamento e baixo custo de produção desse material.

Mudanças neste cenário podem ser vistas a partir da Resolução n° 431 (CONAMA, 2011), onde a ideia de reaproveitamento dos resíduos de gesso ganha nova classificação, pois tal Resolução passa a tratar o gesso como Classe B, ou seja, resíduos recicláveis com possibilidades de novas destinações, este que até anteriormente era classificado como Classe C, onde não havia viabilidade de reciclagem e reutilização em sua cadeia (CONAMA 307, 2002).

Sendo assim, devido ao significativo desperdício, busca da preservação do meio ambiente e reinserção deste material em um novo ciclo, os resíduos provenientes do gesso da construção civil apresentam-se como um material com potencial de reaproveitamento para a cadeia produtiva da construção civil, sendo este o propósito principal desta

pesquisa. Assim, podendo incentivar a instalação de usinas de reciclagem específicas para este material, incentivando, também, empresas que trabalham com o mesmo a procurarem soluções não só para a destinação do resíduo, como para a incorporação dos resíduos de gesso nos seus próprios produtos ou processos de produção.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais empregados nesta pesquisa foram escolhidos baseando-se na empregabilidade dos mesmos na região de Erechim-RS. Os métodos e etapas de preparação do gesso reciclado como também do gesso convencional seguiram as normas que regem os ensaios.

### 2.1 Gesso

O gesso comercial utilizado foi o gesso de fundição (tipo A), composto basicamente por um hemidrato (beta). O mesmo deve pode ser utilizado na produção industrial ou artesanal de componentes pré-moldados de gesso, destinados à construção civil, como blocos e placas, ou elementos decorativos, dentre eles estatuetas e imagens. O gesso de fundição é embalado em sacos de papel, contendo 40 kg. Este gesso foi utilizado parcialmente em todas as combinações de gesso e como totalidade para o gesso referência (sã).

O gesso reciclado utilizado neste trabalho é proveniente de resíduos de molduras e placas de forro de gesso, coletado na cidade de Erechim - RS.

### 2.2 Trituração e moagem

A transformação dos resíduos de gesso bruto para pó de gesso passou por três etapas: britagem manual, trituração mecânica e moagem.

A primeira etapa consiste na britagem manual, esta foi feita a fim de reduzir o tamanho dos resíduos de placas de gesso e de molduras, onde o material utilizado para esta fase foi um martelo de ferro e bandejas de plásticos para armazenar o resíduo.

A segunda etapa contou com a trituração mecânica, onde com a ajuda de um britador foi possível reduzir significativamente as dimensões das partículas. Este britador é um britador de impacto, onde pode-se regular o espaçamento entre suas mandíbulas, fazendo com que passasse apenas o material com dimensões inferiores a este espaçamento, a distância deixada entre as mandíbulas foi de 1,2 cm quando recuadas e de 0,5 cm quando impactadas.

O terceiro e último procedimento para reduzir as dimensões das partículas de gesso reciclado foi o de moagem, onde após o material passar pela etapa dois foi submetido ao moinho de bolas. Esse procedimento contou com um tempo de moagem de 5 horas, onde cada jarro (dois) do moinho de bolas continha 2 kg de gesso e 1 kg de esferas, tendo uma relação esfera/gesso de 0,5. A relação esfera/gesso e o tempo de moagem foram escolhidos seguindo critérios de bibliografias relacionadas ao estudo proposto (Nascimento; Pimentel, 2010).

### 2.3 Calcinação do gesso reciclado

O processo de calcinação foi feito apenas para o gesso reciclado, onde após passar pela etapa de moagem foi submetido a esse procedimento. O material foi separado em quatro frações iguais com 1 kg de material armazenado em fôrmas de alumínio às quais foram levadas para duas estufas, onde uma das estufas foi mantida em uma temperatura de 175 °C e a outra em 200 °C. Dessa maneira, foram duas fôrmas para cada estufa, onde após 6 horas de calcinação foi retirada apenas uma fôrma, deixando o material em repouso por 10 minutos e após, sendo armazenado em sacolas plásticas para impedir a entrada de umidade. As outras duas fôrmas restantes permaneceram por mais 2 horas com as suas temperaturas respectivas, totalizando um tempo de 8 horas em estufa, onde após sua retirada foi feito o mesmo processo de repouso por 10 minutos e na sequência o seu devido armazenamento.

### 2.4 Homogeneização

A etapa de homogeneização foi à última etapa antes de iniciar o ensaio, onde a mesma demandou das porcentagens de substituição já citadas de gesso convencional por gesso reciclado. Nessa fase foram obtidos oito tipos diferentes de gesso:

Gesso 1 = 6 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 2 = 6 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 3 = 6 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 75% de gesso reciclado;
Gesso 4 = 6 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 75% de gesso reciclado;
Gesso 5 = 8 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 6 = 8 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 7 = 8 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 75% de gesso reciclado;

Gesso 8 = 8 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 75% de gesso reciclado.

Seguindo as etapas, ainda se tem o gesso sã, o qual não conta com nenhum teor de substituição, finalizando com o nono tipo de gesso. Após todas as etapas de preparação finalizadas, todas as amostras foram submetidas aos ensaios propostos nessa pesquisa.

### 2.5 Pasta de gesso

Para a preparação das pastas, primeiramente, foi colocado à quantidade necessária de água no recipiente de mistura, em seguida foi feito o processo de polvilhamento do pó de gesso sobre a água deixando em repouso a mistura por 2 minutos. Em seguida a solução era homogeneizada manualmente com o auxílio de uma espátula por cerca de 1 minuto, onde no fim deste processo a pasta estava com suas partículas totalmente hidratadas. A relação água/gesso adotada foi 0,70.

A partir das pastas produzidas, as mesmas foram armazenadas em corpos de prova de 4x4x16 cm, onde após 28 dias foram desmoldadas e submetidas ao ensaio.

### 2.6 Dureza

O ensaio de dureza foi determinado segundo as exigências descritas na norma NBR 12129: Gesso para construção civil - Determinação das propriedades físicas do pó (ABNT, 2017).

Este ensaio foi analisado aos 28 dias depois de feito a moldagem dos corpos de prova, onde para cada um dos nove tipos de gesso foram analisadas 4 amostras. Estes corpos de prova foram submetidos a uma carga de 50 N por 2 segundos aplicados por uma esfera metálica de 12,65 mm. Após, a carga passou para 500 N por mais 15 segundos. Depois de feito este procedimento, foi retirada a carga e medido a profundidade de impressão, com utilização de um paquímetro digital de profundidade.

A dureza foi determinada utilizando-se a equação 1.

$$D = \frac{F}{\pi \, x \, \phi \, x \, t} \tag{1}$$

D = dureza, em Newton por milímetro quadrado (N/mm²);
F = carga, em Newton (N);
$\phi$ = diâmetro da esfera, em milímetros (mm);
t = média da profundidade, em milímetros (mm).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores encontrados estão descritos na Tab. 1. Esses valores são referentes a quatro determinações, onde, para nenhum deles foi necessário tratamento estatístico, pois seus CV foram inferiores a 15% de variabilidade.

Tabela 1. Resultados do ensaio de Dureza

| Gesso | Dureza Méd. (N/mm²) | D.P. | CV (%) |
|---|---|---|---|
| Gesso 1 | 23,15 | 1,19 | 5,15 |
| Gesso 2 | 24,79 | 3,61 | 14,57 |
| Gesso 3 | 22,26 | 1,40 | 6,29 |
| Gesso 4 | 18,05 | 1,92 | 10,61 |
| Gesso 5 | 21,56 | 1,04 | 4,81 |
| Gesso 6 | 22,31 | 1,78 | 7,97 |
| Gesso 7 | 23,28 | 1,40 | 6,01 |
| Gesso 8 | 20,47 | 1,32 | 6,46 |
| Gesso sã | 16,87 | 0,78 | 4,64 |

Com relação aos resultados obtidos no ensaio, pode-se observar que nenhuma das combinações atingiu valores normativos, que segundo a NBR 13207 (ABNT, 1994), tem como valor mínimo 30 N/mm².

De acordo com os dados vistos, em valores percentuais, têm-se um acréscimo de dureza para todas as combinações se comparadas ao gesso sã, onde para o grupo com temperatura de calcinação de 175 °C verifica-se um aumento de 33,89%, já para 200 °C, 26,88%. Em relação aos tempos de calcinação de 6 horas e 8 horas, têm-se respectivamente, acréscimos de 30,78% e 29,99%.

Segundo Ribeiro (2006), os resultados foram satisfatórios para gessos reciclados com temperatura de calcinação de 140 °C com um tempo de 30 minutos. Já para Savi (2012), temperaturas de 160 °C, 180 °C e 200 °C com tempos de 4 horas e 24 horas de calcinação obteve valores inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

Conforme Tab. 2 e 3, resultantes de análise estatística, pode-se verificar quais parâmetros se assemelham e quais parâmetros se diferem (tem valor significativo), onde na Tab. 2 compara-se isoladamente o teor de substituição, em que este engloba os teores de 50% e 75% contando também com o gesso referência (0%). Já a Tab. 3 relaciona todas as combinações possíveis e isoladas entre os fatores de controle.

Tabela 2. Comparação entre os teores de substituição – ANOVA.

| **Efeito** | **Graus de liberdade (n-1)** | **Média** | **f (Função calculada)** | **p* (Nível de significância)** |
|---|---|---|---|---|
| Teor de substituição | 2 | 61,477 | 10,101 | 0,000378 |
| Erro | 33 | 6,086 | | |

* p<5% significativo

Conforme Tab. 2, nota-se que os resultados são significativos, pois seu nível de significância é menor que 5 %.

Tabela 3. Comparação entre todos os fatores controláveis das oito combinações – ANOVA.

| **Efeito** | **Graus de liberdade (n-1)** | **Média** | **f (Função calculada)** | **p* (Nível de significância)** |
|---|---|---|---|---|
| Teor de substituição | 1 | 29,97 | 6,41 | 0,018297 |
| Temperatura | 1 | 10,75 | 2,299 | 0,142546 |
| Tempo | 1 | 0,21 | 0,044 | 0,835061 |
| Teor x Temperatura | 1 | 44,32 | 9,481 | 0,005138 |
| Teor x Tempo | 1 | 28,18 | 6,028 | 0,021708 |
| Temperatura x Tempo | 1 | 0,13 | 0,029 | 0,867096 |
| Teor x Temperatura x Tempo | 1 | 2,63 | 0,563 | 0,460463 |
| Erro | | 24,00 | 4,670 | |

* p<5% significativo

Para a Tab. 3, nota-se significância no teor de substituição, teor x temperatura e teor x tempo.

Seguindo os resultados discriminados nas tabelas anteriores, é possível analisar os mesmos através de gráficos e alguns métodos, que neste caso foi utilizado o método de Fischer. Nas Fig. 1 e 2 encontram-se os valores médios com seus limites possíveis.

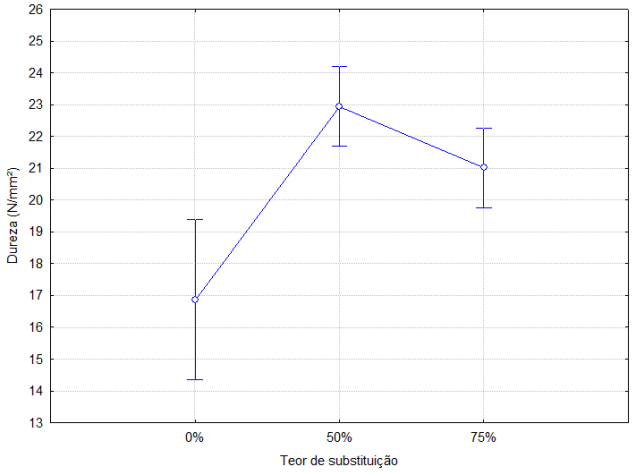


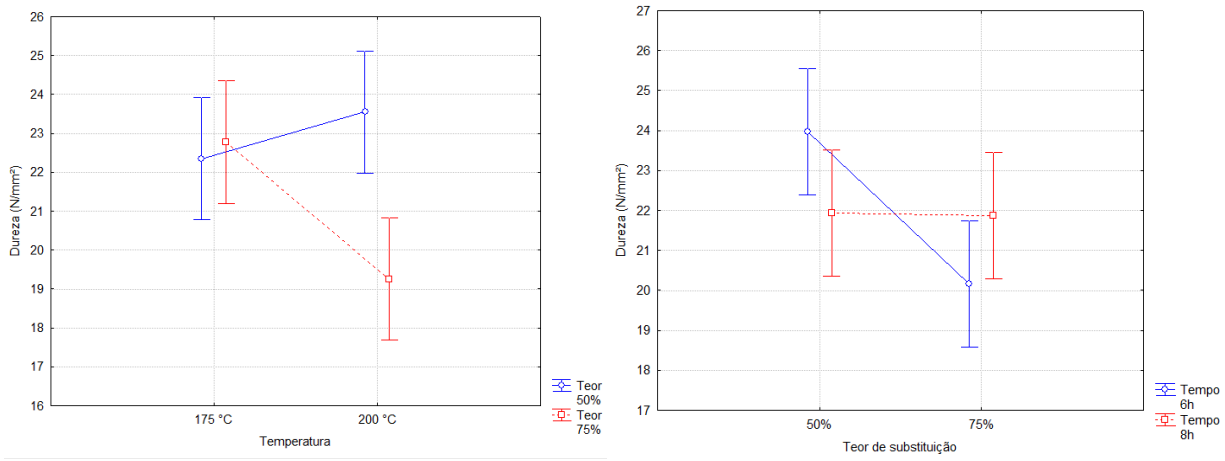

Figura 1. Análise dos resultados de dureza referentes ao teor de substituição.

Observando a Fig. 1, e comparando-se os resultados através do método de Fischer verifica-se que os teores são relativamente diferentes entre si, onde o melhor resultado se encontra para as combinações com 50% de substituição. Essas variações podem estar relacionadas com a distribuição granulométrica de cada composição, onde para as combinações com 50% de substituição acredita-se ter um melhor empacotamento da matriz.

Em termos percentuais, o teor de 50% tem um acréscimo de valor em relação ao gesso referência de 36,06% e em comparação ao teor de 75% um aumento de 9,09%.

Outra hipótese que pode ter influenciado nesses resultados é a relação água/gesso, onde as pastas foram dosadas em massa e não em volume, ou seja, para combinações com teores de substituição de 75% se comparadas às demais, demandavam de um volume maior. Sendo assim, sua mistura era mais coesa, afetando diretamente sua trabalhabilidade, levando então a possíveis vazios. Já para a pasta com 0% de substituição (gesso sã), a relação utilizada talvez fosse muito alta gerando uma pasta mais fluida, à qual, demorava mais para entrar em pega, originando também uma superfície de ruptura mais porosa, o que acabou por diminuir significativamente seus resultados.

Por fim, acredita-se que para as combinações com teores de 50% esta relação água/gesso pode ter sido relativamente suficiente, pois após misturar o pó de gesso com a água, sua pasta apresentava trabalhabilidade adequada, facilitando o empacotamento entre os grãos.




(a) (b)

Figura 2. (a) Comparação teor x Temperatura; (b) Comparação teor x Tempo.

Analisando a Fig. 2(a), onde relaciona-se a temperatura de calcinação com o teor de substituição, nota-se que a combinação entre teor de 75% com temperatura de 200 °C é diferente de todas as demais combinações, em que seu valor é de menor magnitude. Já na Fig. 2(b), analisa-se teor de substituição com tempo de calcinação, onde a diferença é notada novamente no teor de 75% com um tempo de 6 horas, sendo que as demais combinações, segundo o método Fischer, têm mesmo comportamento referente a esta propriedade.

Desta forma, pode-se confirmar que quanto maior o teor de substituição maior é a perda em relação a algumas propriedades. Porém também pode ser visto que as substituições melhoraram os resultados, onde todas as amostras apresentaram valores de dureza maior que o gesso referência (gesso sã).

## 4. CONCLUSÕES

Por fim analisando os resultados, pode-se notar que o teor de substituição tem real importância nas composições, tendo relação conjunta o processo de calcinação, sendo que, pode ser possível melhorar os resultados com o processo de moagem, contando com uma estrutura granular mais bem graduada, trabalhando com outras relações água/gesso, ou ainda, trabalhando mais em cima do teor de substituição e processo de calcinação, buscando de forma a atingir combinações com valores mínimos normativos ou ainda superiores.

Conclui-se, então, que a utilização do gesso reciclado em substituição parcial do gesso convencional é viável, pois diante desta propriedade pôde-se verificar melhoras significativas nos valores comparados ao gesso que temos hoje no mercado comercial (gesso sã), além de ser um processo ambientalmente correto.

## 5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13207: Gesso para construção civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. NBR 12129: Gesso para construção civil - Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 2017.

Brasil, 2009. “Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. Anuário mineral brasileiro 2009”. Brasil: DNPM.

CONAMA, 2002. “Resolução n°. 307: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”. p. 95-96.

CONAMA, 2011. “Resolução n°. 431: Estabelecendo nova classificação para o gesso”. p. 123.

Nascimento, F. J. de F.; Pimentel, L. L., 2010. “Reaproveitamento de Resíduo de Gesso”. In: XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-CAMPINAS, 2010, Campinas, Brasil.

Ribeiro, A. S. Produção do gesso reciclado a partir de resíduos oriundos da construção civil. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006. 105p.

Savi, O. Produção de placas de forro com a reciclagem do gesso. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2012. 233p.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS DE DIFERENTES IDADES

**Natália Smaniotto Bach**
**Liliane Biolchi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim 99704-380
liliane_biolchi@hotmail.com

**Jéssica Woitysiak**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim 99704-380
jessicawoitysiak@outlook.com

**Marina Sakrezewski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim 99704-380
marinaasakrezewski@gmail.com

**Jociane Kobieski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim 99704-380
jocikobieski88@gmail.com;

***Profª Dra. Cristina Vitorino da Silva***
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim 99704-380
cristina@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Na construção civil é comum encontrar a união entre concretos de diferentes idades devido a necessidade de ocorrer juntas de concretagem ou à problemas técnicos ao longo da vida útil da estrutura. Diante disso, torna-se necessário o conhecimento de formas e mecanismos de deterioração para que se possa avaliar a origem dos danos e a maneira mais eficaz e econômica de solucioná-los. A compatibilização/aderência dos materiais existentes deteriorados com os de recuperação devem ser rigorosamente avaliados com o intuito de evitar tensões excessivas que possam gerar problemas. Este trabalho tem como objetivo avaliar quatro técnicas de tratamento superficial distintas aplicadas nas interfaces de ligação entre concretos de diferentes idades. Os corpos de prova foram serrados em um ângulo de 30° com fck= 25MPa. Nos resultados observou-se que a técnica de apicoamento superfície-seca apresentou melhor desempenho, seguido de apicomaneto superfície-úmida e tratamentos com aplicação de nata de cimento e sílica.*

***Palavras-chave:*** *União, concreto, tratamento.*

## 1. INTRODUÇÃO

Devido a questões econômicas, ambientais, estruturais e funcionais, muitas vezes as estruturas de concreto armado ficam comprometidas e precisam ser reparadas ou reforçadas sem a necessidade de destruí-las. O somatório de diversos fatores pode levar ao desencadeamento de patologias que necessitam de reabilitação imediata, que garantam o reparo parcial ou total da estrutura, preservando a segurança.

Neville (1997) afirma que um bom concreto deve apresentar boa resistência e durabilidade, deve ser econômico, além de apresentar bom aspecto superficial, livre de fissuras ou porosidade. Na ausência de uma dessas características é indispensável fazer uma análise do problema, para a reabilitação do elemento estrutural.

Segundo Helene (1992), as manifestações patológicas comprometem a estética da estrutura, reduzem a capacidade de suportar cargas e podem levar ao colapso da estrutura. Por este motivo, as análises e estudos realizados nesta área contemplam uma ampla variedade de situações e possíveis tratamentos, sendo visível o crescente desenvolvimento de materiais e técnicas para recuperação do concreto.

Nesse contexto, a escolha dos materiais e técnicas de correção deve estar coerente com o diagnóstico e as exigências de funcionamento. Em alguns casos onde os elementos estruturais tenham necessidade de serem colocados em carga após algumas horas de execução da correção, provavelmente será necessário o uso de sistemas de base epóxi ou poliéster. Em prazos maiores, pode ser conveniente o uso de argamassas ou grautes de base mineral (HELENE, 1992).

São inúmeros os materiais e técnicas a serem empregados na recuperação de estruturas de concreto. Para Souza e Ripper (1998), os concretos e argamassas quando bem projetados e executados, demonstram-se uma alternativa econômica e de boa qualidade. Reis (2001) exemplifica os materiais elaborados, tais como concretos com polímeros, sílica ativa, fibras; materiais pré-fabricados tais como argamassas prontas, grautes e adesivos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Grande parte das patologias é resultado de utilização inadequada e de falta de manutenção apropriada. O *Guide to Concrete Repair* (Guia para reparo de concreto) da Agência de Recuperação do Departamento de Interior Americano aponta que um reparo de qualidade está diretamente ligado à escolha e uso de corretos procedimentos e materiais.

O guia americano também cita o sistema a ser seguido para um efetivo reparo:

a) Determinar as causas dos danos;
b) Avaliar a extensão dos danos;
c) Selecionar o método de reparo;
d) Preparar o concreto existente (substrato) para receber o reparo;
e) Aplicar o método de reparo;
f) Curar o reparo propriamente.

Na indústria de reparos é comum se deparar com a necessidade de tratar a união entre concretos de diferentes idades como, por exemplo, as juntas de concretagem ou na junção de elementos de concreto pré-moldado. Porém, a simples sobreposição de concretos de diferentes idades pode levar ao aparecimento de fissuras e deslocamento dos elementos que se pretendia unir, visto que a eficiência desta união está relacionada com a preparação da superfície de substrato, a forma de aplicação do concreto mais novo, procedimento de cura e até mesmo fatores ambientais (CÁNOVAS, 1994).

Nesse sentido, pode haver a falta de aderência entre o concreto velho com novo ocasionando problemas de incompatibilidade, comprometendo a durabilidade do reparo. Estas incompatibilidades geram tensões na interface de ligação, pois o concreto aplicado para a recuperação irá sofrer deformações por retração enquanto que no concreto já existente no substrato, a retração já ocorreu (LI; LI, 2011).

A preparação da superfície onde haverá a união é fundamental para a obtenção de um resultado satisfatório, que envolve procedimentos como a limpeza da superfície, lançamento do concreto e cura, até que se desenvolva uma resistência de união suficientemente elevada para que ocorra o acomodamento das tensões (BISSONNETTE el., al 2013).

### 2.1 Tipos de tratamentos superficiais

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), podem-se utilizar produtos que melhorem a aderência entre concretos de diferentes idades, desde que não causem danos ao concreto e seja possível comprovar desempenho ao menos igual ao da interface. Esses produtos de tratamento superficial variam desde a utilização de ligantes de base cimentícia, até a incorporação de adições minerais e/ou aditivos.

#### 2.1.1 Nata de cimento Portland

Conforme a definição de Neville (1997), o cimento pode ser considerado uma substância com propriedades adesivas e coesivas, que tem a capacidade de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compacto. A nata de cimento, ou seja, mistura de cimento e água é normalmente utilizada para injeção em falhas na estrutura, ancoragem de barras ou ligação entre concretos de diferentes idades.

#### 2.1.2 Sílica ativa

A sílica ativa é extremamente fina com grãos de forma esférica que preenche os vazios da matriz do cimento hidratado, aumentando a densidade do concreto. Obtém-se uma matriz muito densa, sem espaços que resultam em um material muito resistente e homogêneo. Com relação à quantidade aplicada na mistura com cimento, recomenda-se a quantidade de 4% a 15% do peso do cimento, conforme o desempenho que se deseja obter (SOUZA E RIPPER, 1998).

#### 2.1.3 Resina epóxi

Segundo Cánovas (1994) dentre as características das resinas, destacam-se: boa resistência à tração e compressão, alta adesão, resistência à retração, compatibilidade com a umidade, e são estáveis frente às intempéries e aos meios agressivos.

Como vantagens observadas na aplicação desse tipo de tratamento citam-se ainda: resistência à corrosão, aderência à diferentes tipos de substrato, cura rápida, elevado desempenho mecânico, flexibilidade do sistema construtivo, solução

consideravelmente leve, de fácil aplicação junto ao elemento; alternativa de baixo custo, e de grande aceitação (REIS, 2001; SOUTO FILHO, 2002).

#### 2.1.4 Adesivos e primers

Segundo Reis (2001), os adesivos e primers são utilizados para unir materiais a elementos estruturais já existentes atuando como ponte de aderência e protetores do substrato, e podem ser à base de epóxi, PVA e acrílico.

Os adesivos à base epóxi são recomendados como ponte de aderência para reparos e reforços estruturais, possuem alta resistência física. Os adesivos à base de acetato de polivinila (PVA), proporcionam à argamassa melhor aderência sobre os substratos, aumentando a capacidade de absorção de deformações, porém são incompatíveis com a presença constante de água.

#### 2.1.5 Argamassa de reparo

Entende-se por argamassa de reparo um tipo especial de argamassa que possui a capacidade de adaptação a um substrato de estrutura danificada e desenvolva características de estado endurecido que se aproximem ao máximo daquelas próprias deste substrato, conferindo a este o restabelecimento de sua funcionalidade com segurança.

Os fabricantes de argamassas de reparo industrializadas orientam a utilização de água como ponte de aderência para seus produtos antes da aplicação. Quando o substrato está saturado, ele fornece água adicional para a hidratação do cimento do material de reparo. Isto acelera a hidratação do cimento e leva à uma microestrutura da matriz mais porosa – o substrato de concreto funciona como um "reservatório de água" para o avanço da hidratação do cimento (KUDLANVEC JUNIOR, 2017).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Após o estudo preliminar que compreendeu a revisão bibliográfica do tema especificando ensaios e possíveis métodos a serem executados, realizou-se a caracterização de todos os materiais utilizados. Posteriormente, a segunda etapa compreendeu a moldagem dos corpos de prova e a realização dos ensaios pré-estabelecidos com a finalidade de analisar os resultados e obter conclusões. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Preparação de Amostras Técnicas Construtivas da Uri-Erechim/RS.

Para à avaliação do comportamento da união entre concretos de diferentes idades foram escolhidas técnicas de tratamento superficiais distintas para a união das zonas de interface, através do apicoamento da superfície e posterior aplicação do adesivo. Foram adotados quatro métodos de tratamento na superfície da junta de concretagem conforme Tab 1. Para cada tratamento foram moldados 3 cp's, totalizando 12 cp's.

Tabela 1 – Tratamentos superficiais

| Tratamento superficial | Nomenclatura |
|---|---|
| Apicoamento – superfície úmida | SU |
| Apicoamento – superfície seca | SP |
| Apicoamento + adesivo – superfície úmida | SU + Ad |
| Apicoamento + adesivo – superfície seca | SP + Ad |

### 3.1 Materiais utilizados

#### 3.1.1 Cimento

Para esta pesquisa adotou-se o aglomerando hidráulico CP II-Z, sendo fornecido em sacos de 50 Kg. Foram realizados ensaios para sua caracterização física, como determinação da massa específica e da finura, por meio da peneira 75µm (nº 200), conforme as normas que regem a realizações destes ensaios. Os valores obtidos nos ensaios citados foram 2,95g/cm³ para massa específica e 1,51% para finura (peneira nº 200), e estão dentro dos limites estabelecidos por norma.

#### 3.1.2 Agregado miúdo

Como agregado miúdo foi utilizado uma areia média natural de origem quartzosa. A areia foi caracterizada através dos ensaios de massa específica, massa unitária, composição granulométrica e absorção de água.

A areia utilizada apresentou um módulo de finura de 2,40 e está contida na zona ótima granulométrica, com dimensão máxima característica de 4,75mm. Apresentou massa específica de 2,50g/cm³, massa unitária de 1,55g/cm³ e absorção de água 0,60%.

### 3.1.3 Agregado graúdo

O agregado graúdo utilizado é de origem basáltica comercialmente conhecido como brita 1. Os resultados da caracterização física e os limites da distribuição granulométrica estão em conformidade com os limites estabelecidos por norma. A brita utilizada apresentou um módulo de finura de 6,94 com dimensão máxima característica de 25mm, massa específica de 2,84g/cm³, massa unitária de 1,64g/cm³ e absorção de água 1,43%.

### 3.1.4 Sílica Ativa

A sílica ativa utilizada para a produção das natas de cimento apresentou como resultado de massa específica um valor de 2,05 g/cm³.

## 3.2 Moldagem dos corpos de prova

Primeiramente, foram confeccionados e moldados 6 corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 20cm de altura e 10cm de diâmetro, cujo concreto foi dosado de acordo com o método IPT/EPUSP, descrito por HELENE e TERZIAN (1992) com fck ≥25 MPa e abatimento de tronco de cone fixado em 100±20 mm.

O adensamento do concreto foi realizado com vibrador de imersão e os corpos de prova foram armazenados em câmara úmida durante 28 dias. Completando o período de cura, os corpos de prova foram cortados na diagonal em um ângulo de 30°, conforme Fig. 1 para em seguida serem utilizados como base para aplicar o concreto fresco (concreto novo).

Figura 1 – Corpos de prova serrados

Após o corte, todas as amostras receberam a técnica de apicoamento, seguido da limpeza da superfície apicoada com pincel, indicado para este tipo de união, e posterior tratamento da superfície. O tratamento superficial aplicado com adesivo foi com nata de cimento Portland. Para melhorar o desempenho deste material como citado anteriormente adicionou-se sílica ativa na mistura, compondo um traço 1:0,1:0,44 (cimento CP II-Z: sílica ativa:água). Esta dosagem foi baseada na recomendação de Sousa e Ripper (1998) que propõe adição de sílica ativa entre 4% e 15% do peso de cimento, neste caso foram adicionados 10%. A dosagem da água foi feita baseada na proporção estabelecida para a nata com apenas cimento mais um acréscimo proporcional à adição de sílica. A Figura 2 apresenta as etapas envolvendo apicoamento, limpeza da superfície, e aplicação da nata.

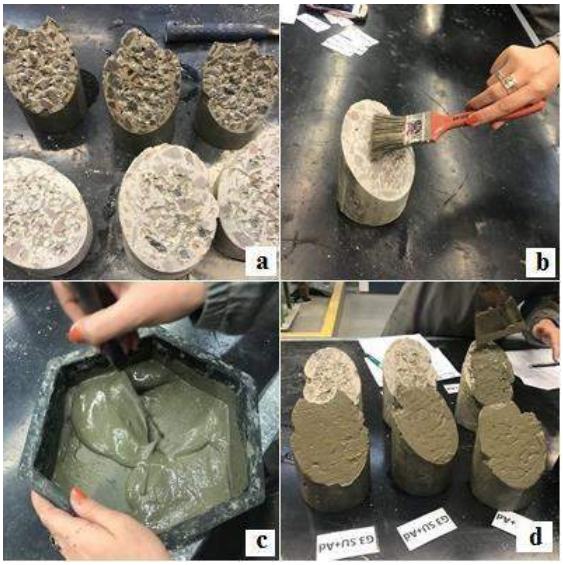



Figura 2 – a) Apicoamento dos cp's b) limpeza da superfície c) preparação da pasta d) aplicação do tratamento

Após o preparo da superfície, os corpos de prova foram acondicionados novamente nos moldes para que o novo concreto preenchesse os moldes. O novo concreto foi produzido com o mesmo traço e relação água/aglomerante do concreto anterior (concreto velho). A Figura 3 mostra a produção do concreto novo utilizado para preencher os moldes.

Figura 3 – a) Preenchimento do molde b) slump test

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para cada grupo de CP's foram calculadas as médias e respectivo desvio padrão dos valores de resistência obtidos no rompimento. Dados espúrios foram removidos, restando apenas os valores que ficaram dentro do limite (média+desvio padrão/ média-desvio padrão), conforme mostra a Tab. 2.

Tabela 2 – Resultados de Resistência à compressão

| Tratamento | Resistência Média (MPa) | Desvio Padrão | Coeficiente de Variação (%) |
|---|---|---|---|
| **SU+Ad** | 36,54 | 3,06 | 8,38 |
| **SP** | 45,29 | 1,00 | 2,20 |
| **SP+Ad** | 37,34 | 0,54 | 1,46 |
| **SU** | 43,66 | 3,36 | 7,69 |

A Figura 4 demonstrada abaixo apresenta os valores obtidos no ensaio de resistência à compressão uniaxial.

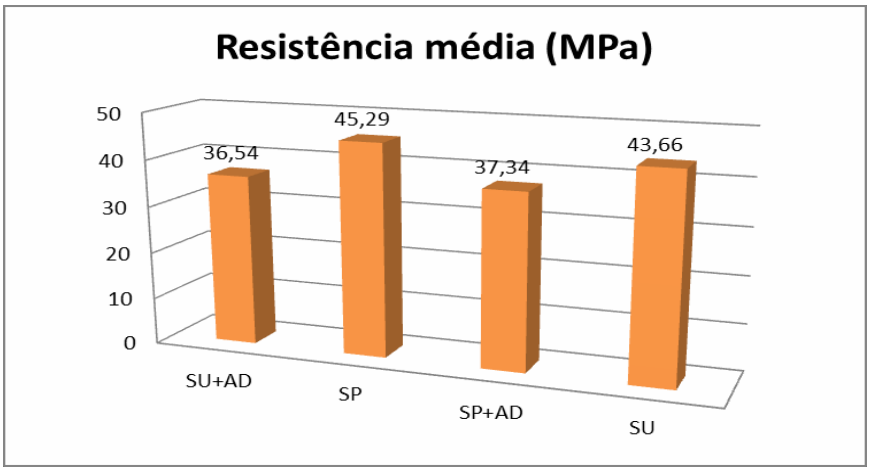



Figura 4 – Resistência média à compressão

Nos ensaios de resistência à compressão axial verificou-se a eficácia na ligação dos corpos de prova tratados com apicoamento – superfície seca que apresentaram média de resistência 3,6% maior que os que receberam apenas apicoamento-superfície úmida, 19,3% maior do que os que foram tratados com apicoamento e aplicação do adesivo – superfície úmida e 17,5% maior do que os que foram tratados com apicoamento e aplicação do adesivo-superfície seca. Além de apresentarem maiores resistências os corpos de prova tratados com apicoamento-superfície-seca destacaram-se por terem resistido ao rompimento sem desprendimento das juntas de ligação.

Os tratamentos com aplicação de nata de cimento com adição de sílica ativa, não apresentaram um desempenho satisfatório no ensaio de compressão, pelo fato de terem rompido nas juntas de ligação, ou seja, na interface da união, além disso, não apresentaram diferenças significativas de resistência. O fato destes não terem apresentado um bom comportamento podem ser resultado da ineficiência de apicoamento ou por terem sido aplicadas espessuras maiores que 2 mm de nata de cimento.

Em relação aos corpos de prova submetidos ao apicoamento superfície-úmida todos romperam no local de união entre os concretos, que pode ser explicado devido à presença de água que ocasiona a saturação dos poros do concreto, interferindo na resistência.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o tratamento mais econômico e eficaz é o com apicoamento superfície-seca. Em seus estudos, Sampaio (2010) afirmou que este método se mostrou eficaz para ligações entre concretos com resistências de até 30 MPa, e pôde afirmar que para fcj's abaixo deste valor o apicoamento do concreto é o tratamento mais eficiente, pois se mostra eficaz e ao mesmo tempo econômico.

Sampaio (2010) verificou ainda que a eficiência dos tratamentos varia dependendo do tipo de apicoamento realizado e fck utilizado. Observa-se ainda que mais de uma técnica de recuperação ou reforço pode ser adotada, sendo determinante um somatório de fatores que afetam o vínculo entre substrato e sobreposição.

## 6. REFERÊNCIAS

BISSONNETTE, B.; COURARD, L.; BEUSHAUSEN, H.; FOWLER, D.; TREVINO, M.; VAYSBURD, A. Recommendations for the repair, the lining or the strengthening of concrete slabs or pavements with bonded cement-based material overlays. Materials and Structures, vol 46, 2013, p. 481- 494.

CÁNOVAS, M. F. Patologia y Terapéutica del Hormigon Armado. Madrid: ETS de Ingenieros de Caminos, 1994.

HELENE, P. R. L. Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. 2 ed. São Paulo: Ed. Pini, 1992. p. 10-28

KUDLANVEC JUNIOR, V. L. Aderência de argamassas de reparo em substrato de concreto com ênfase no comportamento reológico. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LI, M.; LI, C. V. High-early strength engineered cementitious composites for fast, durable concrete repair: its fol just online journalism. ACI Material Journal. Miami. Mai, 2011.

MEHTA, P.; MONTEIRO, P. Concrete: Microstructure, properties and materials. 3ª ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2008. 684p.

MOLIN, D. C. C. D. CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações / Ed. G. C. Isaia. – São Paulo: IBRACON, 2005. v. 2.

MORAES, C. A. Intervenções metálicas em construções preexistentes: estudo de caso de interfaces. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

NEVILLE, Adam M. Propriedades do Concreto. 2a ed., Tradução por Salvador E. Giammuso, São Paulo: Pini, 1997.

REIS, L. S. N. Sobre a recuperação e reforço das estruturas de concreto armado. 2001. 114f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

SAMPAIO, Ícaro de Almeida. Avaliação De Materiais Na Ligação Entre Concreto Novo/Concreto Velho. 2010. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SOUTO FILHO, M. V. Modelagem numérica de reforço estrutural em vigas de concreto armado. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Pontífice Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SOUZA, V. C., RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1 ed. São Paulo: Ed. Pini, 1998. 255 p.

United States Department of the Interior (Org.). Guide to Concrete Repair. Estados Unidos: Technical Service Center, 1997.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores Natália Smaniotto Bach, Liliane Biolchi, Jéssica Woitysiak, Marina Sakrezewski, Jociane Kobieski e Profª Draª Cristina Vitorino da Silva são as únicas responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO RCC EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DO AGREGADO MÍUDO NATURAL EM CONCRETO

**Julia Martelli**
**Darllan Fabiani da Silva Santos**
Uri Campu II, RS 331, Erechim - RS
juliahmartelli@gmail.com/darllanfabiani@hotmail.com

***Resumo:*** *A construção civil é uma indústria de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico em escala mundial, porém sua ação consome, em grandes proporções e descontroladamente, os recursos naturais, e do mesmo modo, gera quantidades expressivas de resíduos. Tratando-se, a construção civil, como uma atividade capaz de absorver os resíduos que produz, e considerando que o agregado proveniente de resíduo de construção civil possui potencial técnico para ser empregado em concretos, o presente trabalho busca analisar a resistência mecânica do concreto não estrutural preparado com resíduo de construção civil (RCC) substituindo parcial e totalmente o agregado miúdo. Para tanto, realizou-se a caracterização dos materiais empregados para a confecção dos concretos, o qual teve substituições de 0%, 25%, 50% e 100% do agregado miúdo natural por agregado miúdo proveniente de RCC. Os ensaios para avaliar a influência do agregado substituído, bem como as propriedades do concreto foram realizados no estado fresco (Abatimento do Tronco de Cone e Ensaio de Densidade) e no estado endurecido (Compressão Uniaxial, Tração à Compressão Diametral, Módulo de Elasticidade e Absorção de Água). De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, percebeu-se que o teor que menos interferiu nas propriedades do concreto foi o de 25%, sendo o mais adequado para uso.*

***Palavras Chave:*** *Recursos Naturais. Resíduo de Construção Civil. Agregado. Concreto.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo John (2000), o debate sobre a sustentabilidade referente ao padrão de desenvolvimento criado pela humanidade é resultado de uma longa evolução da percepção de que a ação da raça humana tem causado transformações não previstas na natureza.

A extração não controlada dos recursos naturais diminui fortemente as quantidades disponíveis, provocando grandes problemas ambientais e consequentemente direcionando a atenção a questionamentos de como seria, a construção civil, se não houvesse mais esses recursos naturais fundamentais. Outro impacto que a construção civil provoca, é a geração de resíduos, que faz com que entulhos, em grandes quantidades, fiquem dispostos irregularmente em locais indevidos, quando sua destinação não é realizada adequadamente.

A construção civil é uma indústria de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social mundial, possuindo um mercado diversificado, movimentado e grandioso. Desta forma, para Gonçalves (2011), a construção civil é a indústria que mais consome recursos naturais, quando comparada com qualquer outra economia, e, além disso, é uma grande geradora de resíduos. Para a preparação de seus produtos, a indústria utiliza grandes quantidades de matérias primas não renováveis, as quais não estão mais disponíveis em abundância, como em outros tempos.

Para Nogueira (2013), é o ramo de atividade que mais se gasta recursos naturais e um dos maiores poluidores, cerca de 25% dos resíduos sólidos são gerados por esta área. Com esse fato, boa parte dos estudos em engenharia civil são relacionados a sustentabilidade, na tentativa de reduzir este impacto gerado pelas obras e pelas indústrias que abastecem a construção civil.

"A construção civil é a única indústria capaz de absorver quase que totalmente os resíduos que produz" (CAMARGO 1995). Sendo assim, para compensar, bem como, solucionar parcialmente os problemas que provoca, a construção civil pode diminuir, notavelmente, os impactos causados pela extração de recursos naturais e pela geração de resíduos que provoca, de forma a reutilizar os próprios resíduos, os Resíduos de Construção Civil (RCC), na preparação de seus produtos. De acordo com Nogueira (2013), a indústria de concreto está tendo resultados significativos, conseguindo fabricar seus produtos com menos material e poluindo menos o meio ambiente.

Diante do exposto acima, o uso de RCC na preparação de concretos neste trabalho, é uma forma de reutilização de resíduos, sendo também uma oportunidade de propagar o uso de concretos reciclados.

## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Este trabalho tem como objetivo analisar a influência da utilização do RCC em substituição parcial e total do agregado miúdo natural em concreto, verificando a interferência da adição dos teores de 0%, 25%, 50% e 100% de RCC, para tanto, o programa experimental utilizado é o apresentado na figura 1. Foi realizado um tratamento estatístico, por meio de ferramentas estatísticas, nos resultados obtidos por este trabalho, o qual buscou avaliar se os fatores de controle causaram efeitos significativos na variável de resposta medida.

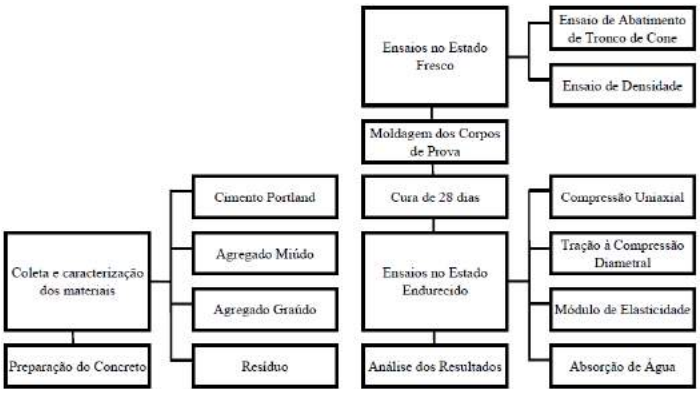


Figura 1 – Programa Experimental

### 2.1 Materiais Utilizados

O cimento utilizado neste trabalho foi o CP II – Z – 32, com massa especifica de 2,93 g/cm3, determinado de acordo com a ABNT NBR 11578 (1991).

O agregado miúdo utilizado é classificado como areia média, em virtude de seu módulo de finura de 2,40% e dimensão máxima característica é de 4,75 mm, determinados a partir da ABNT NBR 7211 (2009), a massa específica de 2,50 g/cm³ foi determinada de acordo com a ABNT NBR NM 52:2009, a massa unitária de 2,50 g/cm³ foi definida conforme a ABNT NBR NM 45:2006, e a absorção de água com 0,60% foi fixada segundo a ABNT NBR NM 30:2001.

O agregado graúdo empregado é classificado como brita 1, em virtude de seu módulo de finura de 6,94% e dimensão máxima característica é de 25 mm, estipulados a partir da ABNT NBR 7211 (2009), a massa específica de 2,84 g/cm³ e a absorção de água com 1,43% foram determinados de acordo com a ABNT NBR NM 53:2009, e a massa unitária de 1,64 g/cm³ foi definida conforme a ABNT NBR NM 45:2006.

O Resíduo de Construção Civil empregado como substituto do agregado miúdo natural, foi coletado na empresa EcoSmart, localizada na cidade de Passo Fundo/RS. Para a caracterização do agregado miúdo reciclado, foram realizados os mesmo ensaios que o agregado miúdo natural, o qual obteve módulo de finura de 3,21% e dimensão máxima característica é de 2,36 mm, determinados a partir da ABNT NBR 7211 (2009), a massa específica de 2,60 g/cm³ foi fixada de acordo com a ABNT NBR NM 52:2009, a massa unitária de 1,725 g/cm³ foi definida conforme a ABNT NBR NM 45:2006, e a absorção de água com 8,75% foi fixada segundo a ABNT NBR NM 30:2001.

Para a preparação do concreto, a água utilizada é a fornecida pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN).

Figura 2 – Agregado miúdo proveniente do RCC

### 2.2 Dosagem

Foi empregado o método de dosagem experimental IPT/EPUSP, o qual é utilizado para obter um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm. O traço usado para a confecção do concreto foi de 1:4, no qual se realizaram ajustes para atingir um teor de argamassa ideal ( $\alpha$ ) igual a 54%, capaz de proporcionar a melhor trabalhabilidade, coesão e homogeneidade, assim como um bom envolvimento dos agregados nas misturas respeitando o abatimento de tronco de cone. A relação água cimento utilizada foi 0,44, para todos os teores de substituição, incluído o referência.

### 2.3 Moldagem dos Corpos de Prova

A moldagem e cura dos corpos de prova foram executadas de acordo com a ABNT NBR 5738 (2015). Os corpos de prova tiveram seus moldes obtidos por formas cilíndricas com dimensões de 10x20 cm, engorduradas com desmoldante. Os teores foram substituídos em 0%, 25%, 50% e 100% do agregado miúdo convencional por agregado miúdo proveniente de resíduo de construção civil, sendo que os ensaios para verificação das propriedades do concreto tiveram sua realização com a idade de 28 dias.

Antes de iniciar o processo de moldagem, o RCC foi deixado submerso em água por 24 horas para saturação, sugere-se sua saturação, em virtude de ser considerado um material mais poroso quando comparado ao material convencional e ainda com o objetivo de evitar problemas de trabalhabilidade no momento de concretagem.

Posteriormente a concretagem e moldagem dos corpos de prova, os mesmos foram identificados com papeis, com anotação do teor de substituição em cada corpo de prova, após, foram submetidos ao processo de adensamento na plataforma vibratória, sendo ainda cobertos, a fim de evitar a perda de água. Após passadas 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e colocados em câmara úmida até completar 28 dias, para passar pelo procedimento de cura.

### 2.4 Ensaio no Estado Fresco

Os ensaios realizados no estado fresco foram o de Abatimento de Tronco de Cone, que mede a consistência do concreto através do seu estado fresco por meio de seu assentamento, ensaio também chamado Slump Test, que foi seguido de acordo com as exigências da ABNT NBR NM 67 (1998), e o ensaio de Densidade, que tem como finalidade determinar a massa específica e o teor de ar do concreto fresco por método gravimétrico, a partir da norma ABNT NBR 9833 (2009).

### 2.5 Ensaio no Estado Endurecido

Para a realização dos ensaios no estado endurecido foi utilizada uma prensa hidráulica, na qual foram rompidos os corpos de prova aos 28 dias após sua concretagem.

O ensaio de Compressão Uniaxial, realizado em corpos de prova cilíndricos confeccionados com dimensões de 10 centímetros de diâmetro por 20 centímetros de altura, é especificado pela ABNT NBR 5739 (2007). Os CP's são colocados perpendicularmente ao eixo longitudinal da prensa hidráulica, centrados sobre o prato da máquina, onde a carga aumentou progressivamente até a ruptura.

A determinação da Tração à Compressão Diametral foi realizada pelo ensaio especificado na ABNT NBR 7222 (2011), a qual estabelece que o corpo de prova cilíndrico deve ser submetido a cargas de compressão ao longo de duas linhas axiais que são diametralmente opostas. Os CP's foram colocados com o eixo horizontal entre os pratos da prensa, de forma que a compressão produz uma tensão de tração transversal uniforme ao longo do diâmetro vertical.

Para determinar o Módulo Estático da Elasticidade à Compressão e de Deformação à Compressão do concreto endurecido, em corpos de prova cilíndricos que podem ser moldados ou extraídos da estrutura, cumpriu-se o ensaio que é determinado pela ABNT NBR 8522 (2008).

O ensaio que estabelece a absorção de água através da ascensão capilar dos concretos endurecidos foi realizado seguido como prescreve a ABNT NBR 9779 (2012). Durante o ensaio, foi determinada a massa dos corpos de prova com 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, contadas a partir da colocação dos mesmos em contato com a água. Após a realização das leituras, os CP's foram rompidos por compressão diametral, conforme a ABNT NBR 7222 (2011), devido à necessidade de visualizar a absorção de água no seu interior.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para maior confiabilidade dos dados, foi realizado um tratamento estatístico nos resultados deste trabalho, os quais foram submetidos à aplicação do método de análise de variância simples (O*ne Way* ANOVA). Esta análise é proposta com significância estatística com 95% de confiança, usando o *software* STATISTICA versão 8.0, o qual buscou avaliar se os fatores de controle causaram efeitos significativos na variável de resposta medida.

### 3.1 Resistência à Compressão Uniaxial

A resistência à compressão, sendo umas das propriedades mais importantes, se refere à capacidade do concreto em resistir aos esforços sem entrar em ruptura. Os resultados médios apresentados na tabela 1 foram calculados através da média aritmética de todos os resultados obtidos pelos ensaios da resistência à compressão uniaxial.

Tabela 1 – Resultados médios da resistência à compressão uniaxial

| Teor de Substituição (%) | Media Compressão Uniaxial (MPa) | Desvio Padrão | Coeficiente de Variação (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 33,20 | 4,74 | 14,28 |
| 25 | 27,75 | 2,27 | 8,19 |
| 50 | 23,54 | 2,63 | 11,17 |
| 100 | 20,44 | 0,79 | 3,85 |

De acordo com os dados apresentados na tabela 1, verificam-se que os valores médios de resistência à compressão uniaxial para os teores de 25%, 50% e 100%, quando comparados ao valor de referência, com teor de 0%, atingem uma diminuição de 16,41%, 29,09% e 38,43%, respectivamente.

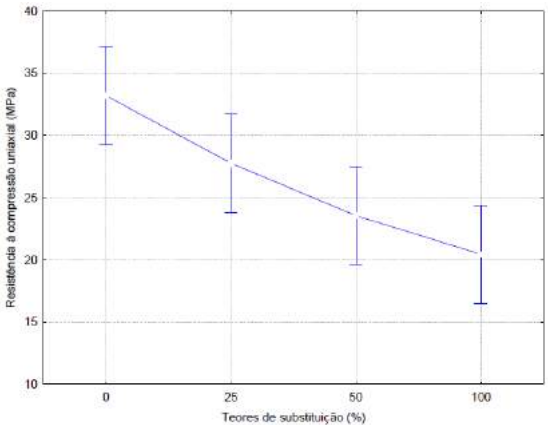



Figura 3 – Efeito do teor de substituição do RCC na resistência à compressão uniaxial

Ao analisar a figura 3, observou-se que para os teores de 50% e 100% houve um decréscimo significativo entre as resistências, sendo elas de 23,54 MPa e 20,44 MPa, respectivamente, quando comparadas com o teor de referência 0%, o qual sua resistência foi de 33,20 MPa. Já o teor de 25%, ao ser comparado com o teor de referência 0%, não apresentou decréscimo significativo, tendo sua resistência de 27,75 MPa.

Leite (2001) analisou a influência do efeito isolado do teor de agregado sobre a resistência, e observou uma tendência de diminuição desta propriedade à medida que o teor de agregado aumenta. Em concretos convencionais nos quais os agregados naturais utilizados apresentam resistência e densidade satisfatórios, todo o conjunto passa a contribuir beneficamente para um aumento de resistência. Entretanto, ao analisar-se a estrutura de concretos com agregados reciclados, é possível observar que, apesar da matriz e da zona de transição do concreto terem sido igualmente melhoradas, o elo frágil da mistura passa a ser o grão do agregado e, consequentemente, quanto maior o teor de substituição, maior é a redução observada na resistência.

### 3.2 Resistência à Tração por Compressão Diametral

A resistência à tração por compressão diametral é importante para a estimativa da carga em que ocorre a fissuração do concreto. Os resultados médios apresentados na tabela 2 foram calculados através da média aritmética de todos os resultados obtidos pelos ensaios da resistência à tração por compressão diametral.

Tabela 2 – Resultados médios da resistência à tração por compressão diametral

| Teor de Substituição (%) | Media Tração por Compressão Diametral (MPa) | Desvio Padrão | Coeficiente de Variação (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 3,51 | 0,22 | 6,15 |
| 25 | 2,94 | 0,45 | 15,17 |
| 50 | 2,46 | 0,38 | 15,58 |
| 100 | 2,42 | 0,20 | 8,16 |

Conforme os dados apresentados na tabela 2 é possível observar que os valores médios de resistência à tração por compressão diametral para os teores de 25%, 50% e 100%, quando comparados ao valor de referência com teor de 0%, atingem uma diminuição de 16,23%, 29,91% e 31,05%, respectivamente.

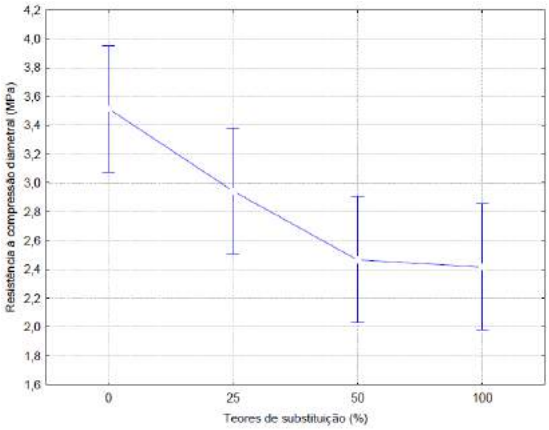



Figura 4 – Efeito do teor de substituição do RCC na resistência à tração por compressão diametral

Observa-se na figura 4, que para os teores de 50% e 100% houve um decréscimo significativo entre as resistências, sendo elas de 2,46 MPa e 2,42 MPa, respectivamente, quando comparadas com o teor de referência 0%, o qual sua resistência foi de 3,51 MPa. Já o teor de 25%, ao ser comparado com o teor de referência 0%, não apresentou decréscimo significativo, tendo sua resistência de 2,94 MPa.

A resistência à tração por compressão diametral tem seu valor influenciado pelo consumo de agregado, que quando elevado, diminui a resistência em relação ao concreto de referência. Isso se dá pelo fato de a relação água cimento interferir no consumo de agregado. Os concretos produzidos com agregados reciclados apresentam menores valores de resistência à tração em relação aos concretos naturais, podendo, o local de origem do agregado reciclado, ser um agente influente, devido às composições diferentes, as quais se dão até mesmo em função da cultura de construção de cada lugar que o agregado provir. Do mesmo modo, o tratamento do agregado tem influência em seu comportamento, pois sendo o agregado mais poroso, produz concretos menos resistentes. (MOREIRA, 2010)

### 3.3 Módulo de Elasticidade

Módulo de elasticidade é a relação entre a tensão e a deformação. De acordo com Levy (2001), é uma propriedade que permite prever as deformações de uma estrutura, e indiretamente possibilita antever o valor da abertura de fissuras que surgirão em estruturas de concreto. Os resultados médios apresentados na tabela 3 foram calculados através da média aritmética de todos os resultados obtidos pelos ensaios do módulo de elasticidade.

Tabela 3 – Resultados médios do módulo de elasticidade

| Teor de Substituição (%) | Media Módulo de Elasticidade (MPa) | Desvio Padrão | Coeficiente de Variação (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 40,71 | 2,62 | 6,44 |
| 25 | 32,60 | 0,87 | 2,66 |
| 50 | 29,50 | 1,11 | 3,77 |
| 100 | 26,47 | 1,87 | 7,07 |

Na tabela 3, observa-se que valores médios de resistência à compressão uniaxial para os teores de 25%, 50% e 100%, quando comparados ao valor de referência com teor de 0%, atingem uma diminuição de 19,92%, 27,53% e 34,97%, respectivamente.

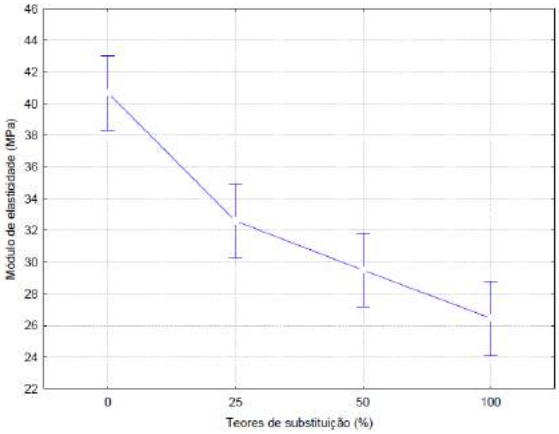



Figura 5 – Efeito do teor de substituição do RCC no módulo de elasticidade

Na figura 5, constatou-se que para todos os teores de substituição, isto é, 25%, 50% e 100% houve um decréscimo significativo entre as resistências, sendo elas de 32,60 MPa, 29,50 MPa e 26,47 MPa, respectivamente, quando comparadas com o teor de referência 0%, o qual sua resistência foi de 40,71 MPa. Apesar de o módulo de elasticidade apresentar em todos os teores decréscimos significativos de resistência, o concreto reciclado pode ser empregado, porém existe a probabilidade deste se deformar.

Moreira (2010) concluiu em seu estudo que, o módulo de elasticidade é uma propriedade do concreto que está relacionada ao módulo de elasticidade do agregado e da pasta de cimento e às características da zona de transição. Por sua vez, o módulo de elasticidade do agregado está relacionado à sua composição mineralógica, consequentemente com a sua porosidade. A constituição mineralógica dos agregados naturais é mais uniforme e mais rígida que a constituição mineralógica dos agregados reciclados, em função disso, os agregados reciclados tende a serem mais porosos, provocando a redução da rigidez do concreto, consequentemente, diminuindo o módulo de elasticidade, assim como a resistência.

### 3.4 Absorção de Água por Capilaridade

O ensaio de absorção de água permite avaliar o volume dos poros permeáveis a partir da quantidade total de água absorvida pelo concreto. Os resultados médios apresentados na tabela 4 foram calculados através da média aritmética de todos os resultados obtidos pelos ensaios de absorção de água por capilaridade.

Tabela 4 – Resultados médios da ascensão capilar

| Teor de Substituição (%) | Média da Ascensão Capilar (g/cm²) | Desvio Padrão | Coeficiente de Variação (%) |
|---|---|---|---|
| 25 | 0,95 | 0,18 | 18,71 |
| 50 | 1,40 | 0,05 | 3,68 |
| 100 | 1,72 | 0,17 | 9,86 |

Na tabela 4, observa-se que valores médios de absorção de água para os teores de 25%, 50% e 100%, quando comparados entre si atingem uma ascensão de 47,36% e 81,05%, respectivamente.

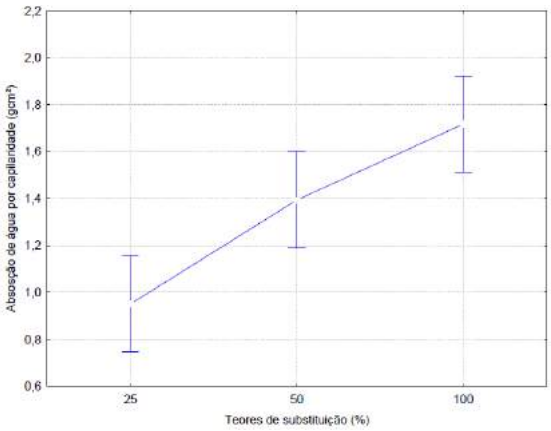



Figura 6 – Efeito do teor de substituição do RCC na absorção de água

De acordo com a figura 6, verifica-se que para os teores de substituição, 25% e 50% houve um acréscimo significativo na absorção por capilaridade entre as misturas, sendo elas de 0,95 g/cm² e 1,40 g/cm², respectivamente, da mesma forma que os teores de 25% e 100%, que tiveram suas absorções de 0,95 g/cm² e 1,72 g/cm². Já os teores de 50% e 100%, não tiveram acréscimos significativos entre suas absorções.

Segundo o estudo de Levy (2010), a absorção varia mais em função do tipo de agregado do que em função da relação água cimento. Quando os agregados naturais são substituídos por reciclados, a água absorvida pela pasta chega até os resíduos reciclados e é facilmente absorvida por estes, isso ocorre devido sua maior absorção, assim a pasta continua absorvendo mais água. Consequentemente, quanto maior o teor de substituição, maior a absorção assim como o índice de vazios, isto também comprova a influência dos agregados reciclados. Os concretos com agregados reciclados se caracterizam por uma maior capacidade de absorção de água, o que pode ser atribuído ao maior diâmetro dos poros capilares e, também, à proporção, em volume, mais importante dos capilares de menor diâmetro, o que os tornará, por dedução, mais suscetíveis à ação dos agentes agressivos,

## 4. CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho é analisar a influência da utilização do RCC em substituição parcial e total do agregado miúdo natural em concreto, o qual é substituído nos teores de 25%, 50% e 100%, além do concreto referência.

Com base nos resultados obtidos e na análise dos mesmos, o teor que menos interferiu nas propriedades do concreto foi o de 25%, sendo o mais adequado para uso. Porém, para o ensaio de módulo de elasticidade, podem ocorrer deformações no seu emprego. O uso do concreto reciclado com o teor de substituição de 25% é indicado para concretos com funções não estruturais como, por exemplo, na confecção de blocos de concreto não estrutural, placas de vedação, meio fios, postos para rede elétrica, peças decorativas, calçadas, contrapisos e pisos (ambientes internos: como salas, dormitórios, banheiros, cozinhas ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura, segundo a NBR 6118/2014).

Por meio deste trabalho foi possível observar que o aproveitamento do RCC na construção civil está sendo cada vez mais propagado, em função de a própria construção civil gerar muito resíduo e depender de matérias primas não renováveis, desta forma, possibilita o reaproveitamento dos próprios resíduos em substituição das matérias primas. Contudo, a reutilização terá também, como consequência, a redução de impactos ambientais, pois menos resíduos serão descartados em locais inadequados.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11.578: Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211. Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro. 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52. Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro. 2006

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 30. Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro. 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53. Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9833. Concreto fresco - Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222. Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522. Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão deformação. Rio de Janeiro. 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro. 2012

CAMARGO, A. Minas de entulho. Revista de Tecnologia da Construção - Tèchne, ano 3, nº 15, p. 15-19, 1995.

GONÇALVES, M. S. Análise da viabilidade técnica de utilização de resíduos de concreto oriundos de pré-fabricação com agregado graúdo para a produção de novos concretos. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduo na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LEVY, S. M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. 2001. 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MOREIRA, L. H. H. Avaliação da influência da origem e do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural. 2010. 92 f. Dissertação (Pós Graduação em Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NOGUEIRA, L. G. da S. Utilização de RCD na confecção de um concreto sustentável. 2013. 117 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, 2013.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# BREVE REVISÃO SOBRE O BIOCONCRETO: BACTÉRIAS RESTAURADORAS DE CONCRETO

**Karine Menin**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
Karine_menin@hotmail.com

**Édina Morgan**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
Edinamorgan@hotmail.com

**Emerson Rafael Galli**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
Emerafaeldesigner@gmail.com

**Alessandro Emilio Valmorbida**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
*alessandroev@uricer.edu.br*

***Resumo.*** *Sendo o concreto uma substância simples que se tornou o bloco construtor da civilização, e um dos materiais mais importantes e utilizados da construção civil, torna-se um importante objeto de estudos, visando buscar alternativas que ajudem a melhorar sua qualidade e principalmente seu desempenho. Desde cerca de 2.000 anos atrás, tem-se tentado encontrar maneiras de deixar o concreto mais durável, tendo em vista as diversas manifestações patológicas que o atingem por mais cuidadosamente que ele seja misturado ou reforçado. Dentre estas manifestações, surge as comuns que são as fissurações ou rachaduras, que vão interferer e influenciar na sua vida útil e sob algumas condições, podem levar ao colapso. Neste sentido, surge uma alternartiva que é o Bioconcreto, uma tecnologia que vem sendo estudada e discutida devido a sua capacidade de autocura, é um material que permite a interrupção de fissuras, fazendo uma espécie de "cicatrização", por meio da preciptação de carbonato de cálcio metabolizado por bactérias. E neste artigo, buscou-se trazer um breve estudo tendo como base uma revisão da bibliografia existente sobre esta nova e inovadora tecnologia.*

***Palavra-chave:*** *Concreto, Bioconcreto, Concreto biológico, Bactérias, Auto cicatrização.*

***Abstract.*** *Being the same an important raw material of the building block of civilization, one of the most important and most used of civil construction, it becomes an important object of study, the search for alternatives that aim to improve its quality and original performance. For about 2,000 years, it has tried to find the most concrete and lasting characteristics, considering as diverse pathological manifestations that reach it by more that are mixed or reinforced. Among the manifestations, one appears that are like fissures or cracks, that interfere and influence in the useful life and under some conditions, can lead to the collapse. In this sense, an alternative appears that is the Bioconcrete, a technology that has been studied and discussed due to its capacity for self healing, is a material that allows an interruption of cracks, making a kind of "cicatrization", through the precipitation of calcium carbonate metabolized by bacteria. And in this article, we tried to bring a small sample based on a review of the existing literature on this new and innovative technology.*

***Keyword:*** *Concrete, Bioconcrete, Biological concrete, Bacteria, Self healing*

## 1.r INTRODUÇÃO

A temática escolhida para esse trabalho concentra-se na importância da vida útil do concreto, visto que é um dos materiais mais produzidos na construção civil e que para ser durável, deve possuir elevada compacidade e ter sua fissuração controlada, previnindo a ocorrência de manisfestações patológicas.

Conforme NBR 15.575 em sua parte 1, conceitua vida útil como o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal e certificada).

Já em relação as manifestações patológicas nas estruturas de concreto, conforme cita Souza (2009), podem surgir como consequência de falhas durante a execução ou o controle da qualidade da atividade, podendo ter como causas questões intrínsecas que são inerentes às estruturas ou ainda questões extrínsecas, ou seja, externas ao corpo estrutural, que neste sentido são oriundas, por exemplo, de falhas humanas, causas naturais próprias ao material concreto e ações externas.

O concreto é aparentemente resistente, porém esse material está sujeito as intempéres do local que está inserido e isso pode prejudicar ou até mesmo agravar sua estrutura diminuindo sua vida útil, e dentre as causas que podem levar a estrutura a apresentar manifestações patológicas, uma delas são as fissuras (SOUZA, 2009).

Neste sentido, como o concreto é o segundo maior produto mais consumido no mundo, devido ao grande uso nas construções e levando em conta razões ambientais o desenvolvimento de um concreto mais sustentável é um grande aliado nos dias atuais.

Pensando nisso, alguns pesquisadores da Universidade de Tecnologia de Delft, na Holanda, afirmam ter encontrado a solução para esse problema na biologia. Uma equipe de cientistas, liderada pelo professor Henk Jonkers, criou o que batizaram de bioconcreto, uma espécie de concreto que se conserta sozinho utilizando bactérias (SASSI. F., 2015).

Neste contexto, buscou-se através deste trabalho, trazer uma breve revisão da bibliográfia em relação ao novo tema da tecnologia do concreto apresentando o Bioconcreto como uma solução de grande eficácia para fissuras, trincas e rachaduras aumentando a vida útil da edificação, diminuindo a frequência de reformas e manutenções e assim baixando os gastos de forma significativa.

## 2.r CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO

O concreto é um material composto, ou seja, não vem pronto da natureza, é feito a partir da mistura de outros materiais, que conforme cita Silva (1991), em sua composição tem como resultado a mistura de materiais como: aglomerantes, agregados miúdos, agregados graúdos e água.

O cimento ao ser hidratado pela água, forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia), formando um bloco monolítico.

Esse bloco por sua vez, pode ser atingido por diversas manifestações patológicas como, por exemplo, a fissuração, que mesmo sendo de pequena extensão pode não ser prejudicial a estrutura do concreto, mas o fato de facilitar a entrada de água e agentes agressores pode afetar a durabilidade do material, levando a corrosão das armaduras.

A corrosão pode ser úmida ou seca, sendo que a úmida ocorre quando o material metálico entra em contato direto com a água. Já a seca surge pelas altas temperaturas, embora em condições normais das estruturas considera-se apenas a corrosão úmida. (BERTOLONI, 2010).

O principal problema com rachaduras no concreto é a infiltração causada em especial pela ação da água que vem através dos espaços das rachaduras. Por exemplo, em uma garagem no subsolo se essa água chegar às barras de aço que servem de reforço ao concreto, elas vão corroer e a estrutura entrará em colapso.

Nas figura 1 e 2 são apresentadas imagens ilustrativas sobre a corrosão das armaduras.

Figura 1. Corrosão nas armaduras dos pilares do subsolo.

Figura 2. Corrosão nas armaduras das vigas e lajes do subsolo.

**2.1 Soluções para controlar fissuras**

Dentre as soluções para controlar as fissuras, pode-se optar por algumas as quais estão presentes em duas ocasiões: Durante a execução ou após a execução.

Na primeira, durante a execução pode ser usado maior quantidade de reforço de aço na estrutura o que evitaria a formação de fissuras, porém é uma alternativa cara. Também é necessário que seja feito o cobrimento correto.

Já na segunda que é após a execução pode ser feito o reparo das fissuras quando surgirem, porém em estruturas subterrâneas essa aplicação de reparo se torna bem difícil.

E como forma de facilitar o fechamento das fissuras, surge esta solução que tem maior eficácia, que seria o Bioconcreto, onde sua utilização em grande escala deve fechar as rachaduras formadas impedindo a entrada de agentes deteriorantes, dando maior vida útil a edificação.

**2.2 Características do bioconcreto**

O Bioconcreto é misturado com o concreto convencional, mas com um ingrediente adicional chamado pelos pesquisadores de "agente de cura". Esse agente fica intacto durante a mistura, sendo ativado apenas se o concreto racha e sofre infiltrações. (SASSI. F., 2015)

Criado em 2009 na Universidade de Tecnologia de Delft na Holanda, pelo microbiologista e professor Henk Jonker, o estudo do Bioconcreto iniciou-se em 2006 quando Jonker foi questionado se seria possível usar bactérias para criar um concreto que se autopreenchesse.

O primeiro desafio para conseguir realizar tal feito é que seria preciso utilizar bactérias capazes de sobreviver a condições extremas de baixa umidade, pois sendo o concreto um material alcalino, a bactéria antes de ser ativada pela água estaria em estado de hibernação por anos. A solução escolhida por Jonker foi optar por bacilos, ja que conseguem se reproduzir nessa condição alcalina e podem sobreviver durante décadas sem comida ou oxigênio. (SASSI. F., 2015)

Conforme Garcia o desafio seguinte foi que além das bactérias precisarem permanecer vivas dentro do concreto elas também teriam que produzir o material de reparação que é o calcário. Então, para que o bioconcreto tivesse uma maior vida útil, foram colocadas as bactérias dentro de capsúlas feitas com plástico biodegradável na forma de esporos para assim sobreviver à falta de nutrientes e ao elevado pH do concreto e ainda foi adicionado o lactato de cálcio, substância que serve de alimento para os "agentes de cura". Assim, quando as rachaduras se formarem e a água penetrar pelas infiltrações ocorrerá o rompimento das cápsulas e as bactérias despertam e se alimentam do lactato, desta forma acontece a combinação do cálcio do concreto com íons de carbonato de lactato, formando a calcite ou cálcario material esse que preenche as rachaduras do concreto convencional.

**2.3 Processo de fabricação e ciclo**

Após a mistura da bactéria, do lactato de cálcio e ingredientes do concreto em uma batedeira o bioconcreto ja está pronto para ser utilizado.

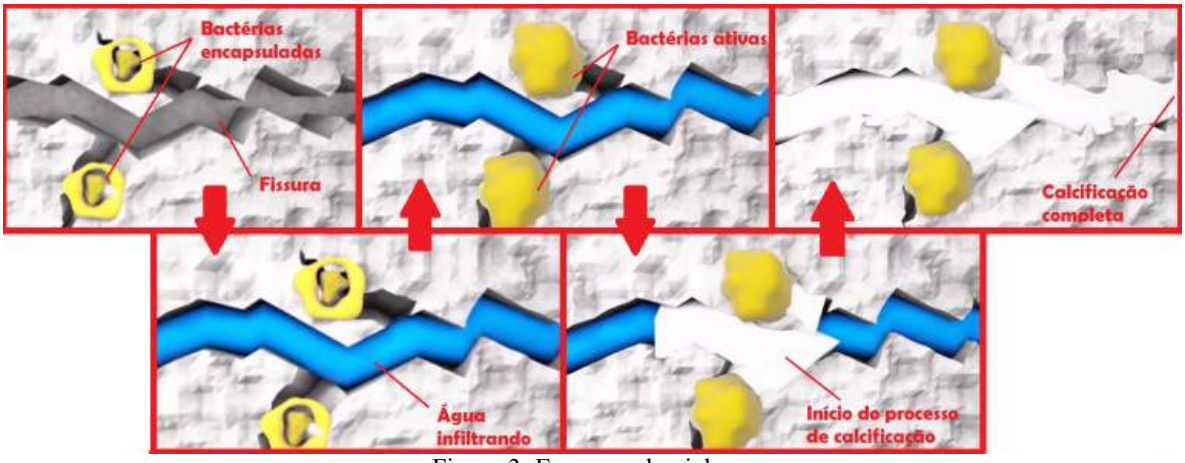



Figura 3. Esquema do ciclo.

O bioconcreto só é ativado quando necessário. Quando as rachaduras começam a se formar no concreto, a água entra pelas infiltrações e acorda as bactérias. Que ao entrar em contato com a água e o oxigênio passam do estado de esporo para o estado vegetativo e começam a se reproduzir. As bactérias se alimentam do lactato e criam o calcário na reação preenchendo as rachaduras. As novas bactérias voltam a formar esporos e o ciclo é reiniciado.

Essa nova tecnologia pode trazer para a construção civil uma revolução, onde a vida útil do concreto irá aumentar, as manutenções no edifício serão menores o que traz um benefício econômico aos proprietários.

## 3.r AGRADECIMENTOS

Ao professor Alessandro Emilio Valmorbida, pela orientação e apoio incondicional ao desenvolvimento do trabalho.

A professora Cristina Vitorino da Silva, por ter nos incentivado a iniciar a pesquisa por materiais alternativos e sustentáveis.

## 4.r REFERÊNCIAS

ABNT, 2013. NBR 15575-1: "Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais." Rio de Janeiro, Brasil.

BBC.2016. "Conheça o bioconcreto, material que fecha as próprias rachaduras". Disponivel em: < https://www.bbc.com/portuguese/geral-37204389>. Acesso: 28 jul. 2018.

Bertolini, L.**Materiais de contrução: patologia, reabilitação, prevenção**. v. 2. Oficinas de textos. São Paulo, 2010.

Euzébio. A.L., Alves R. T., Fernandes A. V. "Bioconcreto: estudo exploratório de concreto com introdução de Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis, acetate de cálcio e ureia". 2017. Disponível em: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO_EXPLORAT%C3%93RIO_DE_CONCRETO_COM_INTRODU%C3%87%C3%83O_DE_BACILLUS_SUBTILIS__BACILLUS_LICHENIFORMIS__ACETATO_DE_C%C3%81LCIO_E_UREIA..pdf>. Acesso: 28 jul 2018.

Garcia, G. "Conheça o concreto vivo que fecha suas próprias infiltrações". Disponível em: <https://exame.abril.com.br/ciencia/conheca-o-concreto-vivo-que-fecha-suas-proprias-infiltracoes/>. Acesso: 29 ago 2018.

Roque, J. A.; Moreno Junior, A. L. "Considerações sobre vida útil do concreto". 2005. Disponível em: < http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/125.pdf>. Acesso: 28 jul 2018.

Sassi, F. "Bioconcreto: solução biológica para problemas da engenharia". 25 junho. 2015. Disponível em: < http://www.biologianaweb.com.br/?p=2338105>. Acesso: 28 jul 2018.

Souza, V. C. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. 5. tiragem. Editora Pini Ltda. São Paulo, 2009.

Silva, M. B. Materiais de Construção. São Paulo. 2ª Ed. Rev. PINI, 1991

Speranza. Armaduras para Concreto armado Corrosão. Disponível em: < http://speranzaengenharia.ning.com/page/corrosao>. Acesso: 29 ago 2018.

Voronovcz, E.; Jora de vargas, J. "O bioconcreto como solução para fissuras, trincas e rachaduras". 2016. Disponível em: <http://conccepar.grupointegrado.br/resumo/o-bioconcreto-como-solucao-para-fissuras-trincas-e-rachaduras/480/1150> . Acesso: 29 jul 2018.

Vendrami, M. J.; "Bioconcreto – O concreto que ganhou vida".2016. Disponível em: <http://pet.ecv.ufsc.br/2016/10/bioconcreto-o-concreto-que-ganhou-vida/> . Acesso: 14 set 2018.

## 5.r AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET)

**Loislene da Silva**
**Fabiano da Silva Jorge**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
*loislene.silva8@gmail.com / fabianojorge@uricer.edu.br*

***Resumo:*** *Considerando que o Brasil é um País essencialmente rodoviário, a preocupação em melhorar o desempenho das rodovias tem sido constante e a busca por aprimoramento dos materiais utilizados na pavimentação tem se mostrado uma atividade extremamente necessária diante dos problemas encontrados. Em razão do elevado consumo de Polietileno tereftalato (PET) gerou-se a necessidade de estabelecer um uso mais racional deste recurso, e uma das alternativas mais econômicas é a reutilização. Tendo em vista a preocupação de se encontrar uma destinação final adequada dos resíduos de PET e a constante busca por melhorias do comportamento mecânico dos pavimentos, principalmente a do revestimento, com um foco numa sociedade mais sustentável, elaborou-se este trabalho, que visa analisar o uso do (PET) como alternativa de agregado para mistura asfálticas do tipo CBUQ. A arte experimental consiste na realização de ensaios de caracterização para os materiais utilizados (composição granulométrica, absorção e densidade dos agregados graúdos e densidade dos agregados miúdos), determinação do teor de projeto de ligante asfáltico e também do teor ótimo de PET através da dosagem Marshall, confecção de dois tipos de mistura asfáltica (convencional e com adição de PET), realização de ensaio de resistência à tração para os dois tipos de mistura, para posterior comparação. A adição de PET nas misturas foi realizada via processo a seco nas proporções 0,5; 1; 1,5; 2 e 2,5% em relação ao peso dos agregados. Observa-se que das misturas estudadas a mais efetiva para o CBUQ foi à dosagem com teor de 1,6% de PET, com um teor ótimo de ligante de 5,2%. A inserção de PET às misturas asfálticas foi satisfatória, mesmo com a diminuição dos parâmetros volumétricos e mecânicos, os valores ficaram entre os limites estabelecidos pelo DNER.*

***Palavras chave:*** *Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), Polietileno Tereftalato (PET), Agregado.*

## 1. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é predominante na matriz brasileira, sendo o segmento de maior participação no transporte de cargas (61%) e o principal modo de deslocamento de passageiros (96%) (IBGE, 2014).

Apesar da predominância, a maioria das rodovias tem se mostrado insuficientes, segundo levantamento realizado pela CNT (Confederação Nacional de Transporte, 2016), os pavimentos encontram-se em estado insatisfatório, cerca de 57,3% das rodovias nacionais avaliadas em 2016 apresentaram algum tipo de deficiência, seja, no pavimento, na sinalização ou na geometria do pavimento.

Diante do intenso volume de tráfego e a frequência de cargas, tem sido cada vez mais necessário o uso de materiais que melhorem as propriedades das misturas asfálticas a fim de gerar revestimentos mais resistentes para evitar o aparecimento de defeitos. Segundo Coelho *et al.* (2012) quando acrescentado o polietileno tereftalato (PET) ao revestimento asfáltico a tendência é melhorar a resistência do asfalto às ações de mudança de temperatura e da ação do calor, proporcionando uma melhor resistência a deformações permanentes.

Dentro desse, esta pesquisa visa analisar o comportamento do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com adição do PET, contribuindo para a melhoria do comportamento mecânico do revestimento asfáltico e minimizando os impactos ambientais causados pela disposição irregular na natureza.

## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Esta pesquisa possui como propósito investigar o comportamento mecânico do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) quando há adição de resíduos de Polietileno Tereftalato (PET). Para isso, foi definido o programa experimental, ilustrado na Figura 1.

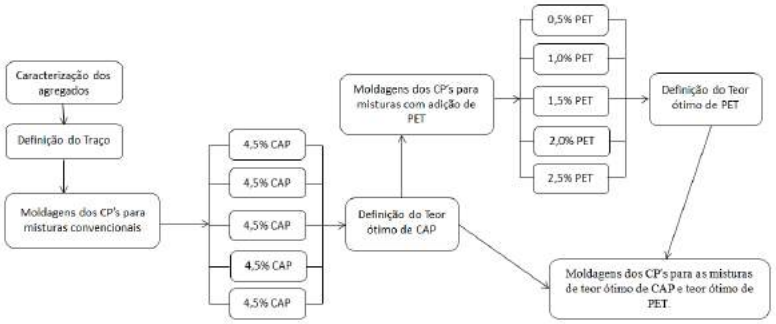



Figura 1. Programa experimental

## 2.1 Materiais utlizados

Utilizou-se como agregado a brita nº 3/4", brita nº 3/8"e pó de brita. Todos os agregados são de origem basáltica, provenientes da cidade de Erechim. Como ligante asfáltico, utilizou-se CAP 50/70 fornecido pela Betunel.

O PET utilizado foi obtido a partir da trituração de garrafas plásticas diversas, na forma de cubinhos, com o auxílio de uma tesoura. Para o experimento as garrafas passaram por um processo de limpeza, retirando-se a etiqueta. Seu topo e a sua base foram cortadas e descartadas.

## 2.2 Granulometria

A quantidade de cada material constituinte foi determinada de forma que a mistura resultante se enquadrasse na faixa estabelecida, faixa C do DNIT, onde se obteve um percentual de 15% de brita 3/4", 30% de brita 3/8 "e 55% de pó de pedra.

## 2.3 Moldagem

Os CP's foram moldados de acordo com as especificações da dosagem Marshall.

A moldagem dos CP's foi desenvolvida a partir de mistura usinada a quente, e para tanto se fez necessário determinar as temperaturas de mistura e de compactação. De acordo com Bernucci *et al*. (2008) a temperatura do ligante no momento da mistura não deve ser inferior a 107ºC nem superior a 177ºC e a temperatura dos agregados deve ser de 10 a 15ºC acima da temperatura definida para o ligante, sem ultrapassar 177ºC. Dessa forma a temperatura utilizada para confecção dos CP's foi de 150ºC.

Para a confecção dos CP's os agregados e o ligante foram previamente aquecidos em estufa, antes de o ligante ser adicionado ao agregado, se fez uma primeira homogeneização do PET com o agregado, após, o ligante foi adicionado e se fez uma nova homogeneização, cerca de 2 a 3 minutos, até que os agregados estejam totalmente envolvidos pelo ligante. Após a homogeneização, a mistura é colocada em um molde de uma só vez, sendo acomodada com 15 golpes em torno do molde e 10 no centro para depois ser compactada.

Para a compactação, o molde e a base do soquete devem estar limpos e aquecidos. O molde deve ser posicionado no suporte de compactação e introduzido nele uma folha de papel de filtro. Nessas condições molda-se o corpo de prova, aplicando com o soquete determinado número de golpes para cada face do CP, para camada de rolamento utilizou-se um esforço de compactação de 75 golpes por face. Após compactação espera-se 12 horas para desmoldagem dos CP's, como recomenda as especificações do DNER-ME-043/95.

## 2.4 Parâmetros de volumetria

Após resfriamento e desmoldagem dos CP's, obtêve-se as dimensões e massas secas e submerssas de cada CP para determinação de alguns parâmetros relevantes no cálculo do teor ótimo, tais parâmetros são: densidade aparente da mistura *(Gmb)*, volume de vazios (Vv), vazios do agregado mineral (VAM), relação betume/vazios (RBV).

## 2.5 Ensaio de Fluência e de Estabilidade Marshall

Para a realização do ensaio foram seguidas as especificações do DNER-ME-043/95. Os CP's são mergulhados em banho Maria a 60ºC durante 40 minutos para realização dos ensaios de estabilidade e fluência. A estabilidade determina a resistência máxima à compressão radial do CP antes que ele atinga a ruptura. A Fluência determina a deformação total do CP desde a carga inicial até a aplicação da carga máxima.

## 2.6 Ensaio de Resistência a Tração

Conforme especificação, inicialmente deve-se determinar a altura e o diâmetro de cada CP. Após os CP's são condicionados em banho Maria a uma temperatura de 60 °C por um período de aproximadamente duas horas. Em seguida os CP's são colocados entre os frisos e submetidos à carga progressiva, com uma velocidade de deformação de 0,8 ± 0,1 mm/s, até atingirem a ruptura, por separação das duas metades do CP.

### 2.7 Determinação do Teor ótimo

De acordo com Bernucci *et al.* (2008) o método de dosagem Marshall, apresenta diversas alternativas para a escolha do teor de ligante asfáltico, dentre alas podem ser citadas: metodologia NAPA; escolha a partir da estabilidade Marshall, da massa especifica aparente e do Vv; uso de dois parâmetros de dosagem Vv e RBV. Obteve-se o teor ótimo de projeto através da média dos resultados obtidos pela metodologia NAPA e metodologia Vv e RBV.

#### 2.7.1 Metodologia NAPA

Segundo Napa (1982), a escolha do teor de asfalto é baseada somente no volume de vazios (Vv), correspondente a 4% para faixa C, ou o Vv correspondente à média das especificações. No Brasil, é comum escolher o teor de projeto correspondente ao valor de Vv de 4%.

#### 2.7.2 Metodologia teor de asfalto x vlomume de vazios (Vv) e relação betume/vazios (RBV)

O processo consiste em traçar um gráfico com os cinco valores médios de Vv e RBV obtidos nos grupos de CP's.

O gráfico contém limites específicos das duas variáveis, indicados pelas linhas tracejadas. A partir da interseção das linhas de tendência do Vv e do RBV com os limites respectivos de cada um destes parâmetros, são determinados quatro teores de CAP (X1, X2, X3 e X4). O teor ótimo é selecionado tomando a média dos dois teores centrais, ou seja, teor ótimo = (X2 + X3)/2, como pode ser visto na Figura 2.

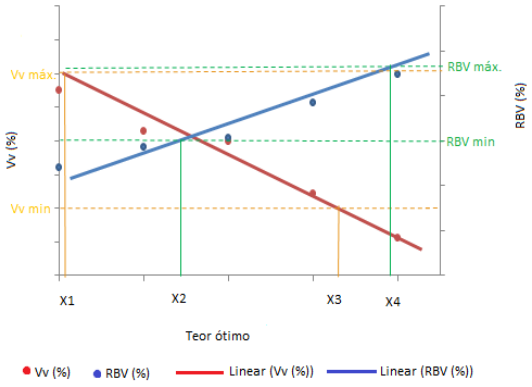



Figura 2. Teor de CAP versus Vv x RBV

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Misturas Asfálticas sem Adição de Pet

Foram realizadas dosagens para os seguintes teores de CAP: 4,0%, 4,5%, 5,0% 5,5%, 6,0%, onde foram encontrados os parâmetros volumétricos e físicos. Os resultados encontrados para esses parâmetros são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros volumétricos e físicos para o calculo do teor ótimo de CAP

| Teores de CAP (%) | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gmb, g/cm³ | 2,433 | 2,446 | 2,436 | 2,431 | 2,423 |
| vv (%) | 5,579 | 4,297 | 3,955 | 3,392 | 2,936 |
| VAM (%) | 15,166 | 15,143 | 15,953 | 16,563 | 17,261 |
| RBV (%) | 63,216 | 71,621 | 75,207 | 79,521 | 82,990 |
| Estabilidade Marshall (kgf) | 1020,82 | 1425,12 | 1183,69 | 907,08 | 1034,29 |
| Fluência Marshall | 10,24 | 4,45 | 3,07 | 12,68 | 24,37 |

A partir da análise da Tabela 1, percebe-se que o volume de vazios diminui com o aumento do teor de ligante e a porcentagem da relação betume vazios é crescente com o aumento do teor de ligante. No que diz respeito ao cumprimento dos limites, observa-se que apenas os teores de 4,5, 5,0 e 5,5% se mantiveram nos limites de Vv e somente os teores de 5 e 5,5% de RBV se mantiveram no limite.

A porcentagem de VAM de acordo com exigências das especificações do DNER é em função do diâmetro máximo do agregado, sendo de 19,1 mm, a porcentagem mínima de agregado mineral a ser respeitada é de 15%. De acordo com a Tabela 1, nota-se que os valores atenderam ao limite mínimo de 15%, com uma estrutura mineral variando de 15% a 18% dentro da faixa escolhida (faixa C).

Conforme Tabela 1, todas as misturas obtiveram valores de estabilidade satisfatórios, ultrapassando o limite mínimo de 500 kgf, tais resultados apontam que as misturas possuem boa rigidez.

### 3.1.1 Determinação do Teor Ótimo de CAP

De acordo com a Figura 3, a escolha do teor de asfalto baseada somente no volume de vazios (Vv), correspondente a 4%, obteve um teor ótimo de CAP igual a 4,95%. Já para a metodologia Vv e RBV a escolha do teor ótimo se deu através da média dos valores do meio onde obteve-se um valor de 5,43%.

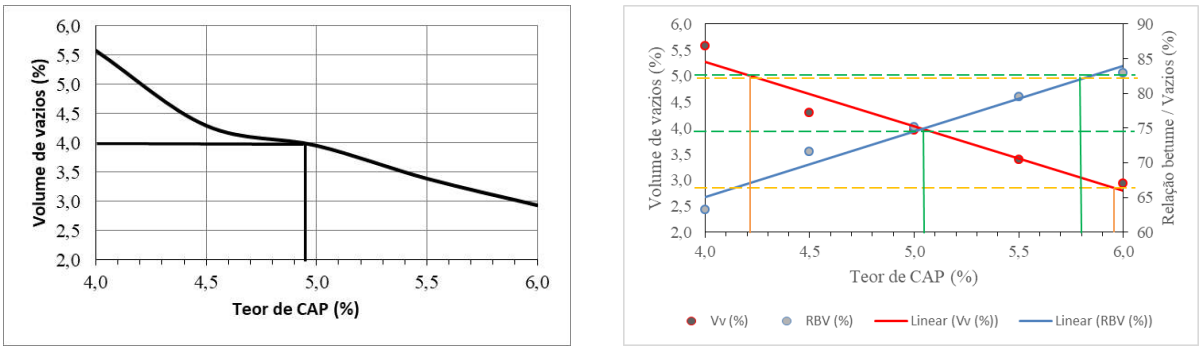



Figura 3. Escolha do teor através da metodologia NAPA e através de Vv e RBV respectivamente

O teor ótimo de projeto de CAP encontrado foi de 5,2 % resultante da média dos resultados obtidos pela metodologia NAPA e metodologia Vv e RBV.

## 3.2 Misturas Asfálticas com Adição de Pet

Para obtenção do teor ótimo de PET, será realizado o Ensaio Marshall com diferentes teores de PET. As misturas asfálticas foram aditivadas com PET nas proporções de 0,5; 1; 1,5; 2 e 2,5% em relação ao peso dos agregados, via processo seco. Na Tabela 2 estão representados os valores encontrados para os parâmetros volumétricos e físicos de cada teor.

Tabela 2. Parâmetros volumétricos e físicos para o calculo do teor ótimo de PET

| Teores de PET (%) | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gmb, g/cm³ | 2,431 | 2,428 | 2,426 | 2,382 | 2,400 |
| vv (%) | 4,760 | 4,151 | 3,994 | 3,229 | 2,571 |
| VAM (%) | 17,032 | 16.176 | 16,254 | 15,477 | 14,688 |
| RBV (%) | 72,050 | 74,337 | 74,429 | 79,136 | 82,492 |
| Estabilidade Marshall (Kgf) | 997,00 | 458,00 | 875,00 | 659,00 | 1195,00 |
| Fluência Marshall | 2,8 | 1,3 | 2,2 | 2,1 | 0,6 |

De acordo com a Tabela 2 observa-se que somente a mistura com 2,5% de PET não atendeu o limite de Vv estabelecida pela norma DNER-ME 043, apresentando valor muito baixo.

Para as mistura sem adição de PET a porcentagem de volume de vazios diminui conforme a teor de CAP aumenta, assim como nas misturas modificadas também se verifica que com o aumento da porcentagem do PET há a redução de volume de vazios.

Conforme Tabela 2, em relação ao RBV apenas a mistura com teor de 2% ficou entre os limites estabelecidos pela norma DNER-ME 043. Nas misturas de 0,5, 1,0 e 1,5% obtiveram resultados inferiores ao estabelecido.

No que diz respeito ao VAM a Tabela 2 demonstra que somente a mistura de 2,5% não atingiu o mínimo especificado pela DNER-ME 043 ficando abaixo de 15%, concluído assim que a mistura não se encontra bem graduada.

A Tabela 2 demostra as variações das estabilidades e fluência Marshall, nota-se que para estabilidade quase todos os valores ficaram acima do limite especificado, com exceção da mistura de 1%. Na mistura com 2,5% de PET observa-se que houve um aumento significativo da estabilidade, esse resultado mostra que a mistura pode ter uma maior rigidez, ocasionado pela melhora do entrosamento entre as partículas. Já para os resultados da fluência, as misturas de 0,5, 1,5 e 2% apresentaram resultados mais elevados, podendo se concluir que essas misturas apresentam maior deformação.

3.2.1 Determinação do Teor Ótimo de PET

De acordo com a metodologia Napa, traçou-se uma reta aos 4% de volume de vazios, onde se obteve um teor ótimo de 1,4%, como mostra a Figura 4. A partir da análise da Figura 5, determinou-se os, quatro teores de CAP (X1, X2, X3 e X4) onde que através da média dos valores do meio 1,25 e 2,18% obteve-se o teor ótimo de PET de 1,715%.

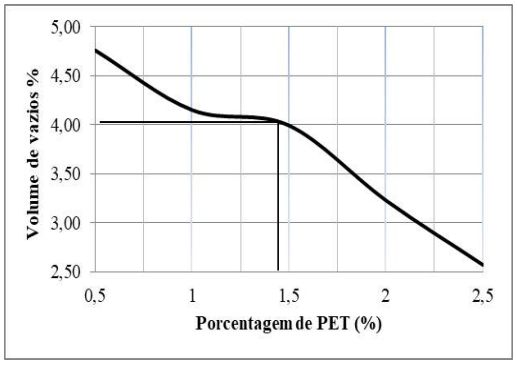



Figura 4. Metodologia NAPA

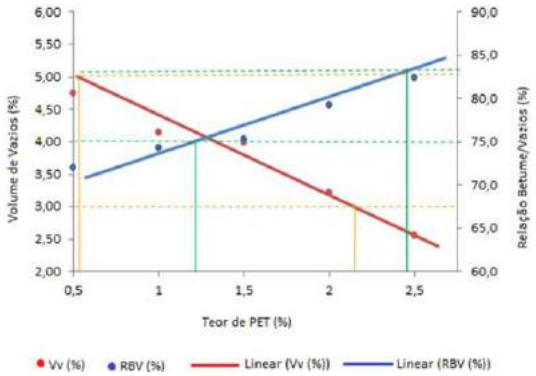



Figura 5. Metodologia Vv e RBV

Para as misturas com adição de PET, o teor ótimo encontrado foi de 1,6%, resultante da média entre a metodologia NAPA e a metodologia Vv e RBV.

### 3.3 Comparação dos Resultados Obtidos para os Teores Ótimos de CAP e de PET

Definido os teores ótimos de CAP e de PET, foram moldados CP's para as duas misturas asfálticas. Nestes CP's foram identificados os parâmetros volumétricos assim como também foram realizados os ensaios de estabilidade, fluência e resistência à tração por compressão diametral. A Tabela 3 mostra os resultados dos parâmetros volumétricos e ensaios realizados, para cada teor ótimo.

Tabela 3. Resultados dos parâmetros volumétricos e ensaios para cada teor ótimo

| Parâmetros | Limites recomendados pelo DNER-ME 043 | Mistura asfáltica convencional | Mistura asfáltica com adição de PET |
|---|---|---|---|
| Gmb | - | 2,434 g/cm³ | 2,072 g/cm³ |
| vv | Entre 3 a 5% | 3,8 % | 3,85% |
| VAM | Acima de 15% | 16,2% | 15,99% |
| RBV | Entre 75 a 82% | 77 % | 76,02% |
| Estabilidade Marshall | Acima de 500 kgf | 1050 kgf | 1014,3 kgf |
| Fluência Marshall | - | 6" | 4,08'' |
| Resistência à tração por compressão diametral | Acima de 0,65 kgf/cm² | 0,71 kgf/cm² | 0,66 kgf/cm² |

Os experimentos feitos para as duas amostras de mistura foram realizados com o intuito de comparar as prováveis diferenças entre os resultados obtidos. De uma forma geral os valores obtidos para a mistura convencional foi maior em relação aos obtidos para as misturas aditivadas com PET.

Observa-se uma redução da densidade aparente, que pode ser dada pela presença do PET, material que apresenta uma baixa massa específica se comparada aos outros constituintes da mistura, sendo assim, tal redução pode ter relação com a redução dos agregados na redistribuição devido à inserção do PET. Apesar da redução da densidade, houve um leve aumento do volume de vazios, que pode ter sido ocasionado pela concentração das partículas do PET que derreteram e viram mastique entre os agregados.

O ensaio de resistência à tração foi realizado na prensa Marshall, a resistência à tração representa a máxima tensão suportada pelo CP quando submetido à carga de compressão. De acordo com os resultados da tabela anterior observa-se

que nas misturas com a adição do PET houve uma diminuição da resistência apresentando um valor bem próximo do mínimo. Esta redução pode estar relacionada a uma modificação no ligante devido à presença do PET, modificação esta ocasionada pela transformação do PET sólido para líquido, misturando o mastique com CAP.

Para os ensaios de estabilidade as duas misturas obtiveram resultados satisfatórios. Apesar da mistura com PET obter um valor de estabilidade menor nota-se que possui um desempenho melhor quanto à deformação devido ao menor valor de fluência, consequentemente se tornando uma mistura menos deformável.

## 4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo analisar o comportamento das misturas asfálticas do tipo CBUQ com adição de Polietileno Tereftalato (PET), quando comparado com misturas sem adição de PET.

Em relação aos parâmetros volumétricos, a presença do PET nas misturas levou ao aumento mínimo do volume de vazios, de 3,8% sem PET para 3,85% com PET, possivelmente pela redução de agregado e a PET ter constituído um mastique juntamente com o CAP. Houve a redução da densidade aparente uma vez que o PET possui uma massa especifica menor em relação aos outros constituintes da mistura. No que diz respeito ao RBV e ao VAM as misturas com adição de PET exibiram resultados de 76,02% e 15,99% respectivamente, mas bem próximos aos da mistura sem PET, e com valores superiores ao mínimo preconizado pelo DNER.

Nos ensaios de estabilidade e fluência Marshall, observou-se que a mistura com PET apresentou uma fluência de 4,08”, e a mistura sem adição apresentou uma deformação de 6”, indicando uma melhora neste parâmetro. Na estabilidade houve uma redução na mistura com PET, que obteve 1014,3 kgf enquanto que mistura sem PET obteve 1050 kgf, porém ambas atenderam o mínimo espiculado em norma que é de 500 kgf.

Nos resultados de resistência a tração houve uma redução de 0,71kgf/cm³ da mistura sem PET para 0,66kgf/cm³ para a mistura com PET, porém ambas atenderam ao mínimo estabelecido em norma que é de 0,65kgf/cm³. A redução pode estar associada à inserção do PET e consequente redução nos agregados que contribuem para o esqueleto mineral e assim para o estrutural da mistura.

De um modo geral, pode se dizer que o PET apresenta potencial para ser utilizado como aditivo em misturas asfálticas do tipo CBUQ, e mesmo apresentando redução dos parâmetros, a mistura se manteve dentro dos limites estabelecidos pelo DNER.

## 5. REFERÊNCIAS

Bernucci, L. B.; Ceratti, J. A. P.; Motta, L. M. G.; Soares, J. B.; “Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros”. PETROBRAS, ABEDA, Rio de Janeiro, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). 2016. “Transporte Rodoviário - Desempenho Do Setor, Infraestrutura E Investimentos”. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/estudo/transporte-rodoviario-desempenho > (acessado em 28/09/2017).

Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER). “Misturas Betuminosas à Quente – Ensaio Marshall. DNER - ME 043/95”. Rio de Janeiro, 1995.

Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER). “Agregados - determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo. DNER - ME 81/98”. Rio de Janeiro, 1998.

Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER). “Agregados – Análise Granulométrica. DNER - ME 083/98”. Rio de Janeiro, 1998.

Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER). “Agregado miúdo – determinação da densidade real. DNER - ME 084/95”. Rio de Janeiro, 1995.

Departamento Nacional de Infraesrutura De Transportes (DNIT). “Misturas Betuminosas – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral. DNIT – ME 138/94”. Rio de Janeiro, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2014. “IBGE mapeia a infraestrutura dos transportes do Brasil”. Disponível em: < http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura/2014/11/ibge-mapeia-a-infraestrutura-dos-transportes-no-brasil > (acessado em 05/10/2017).

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável do material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS NO DESEMPENHO DO CONCRETO SUBMETIDO A ELEVADAS TEMPERATURAS

**Lucas Tochetto**
**Paulo Roberto Dutra**
**Celso de Toffol**
**Tiago Gewinski**
**Bruno Antonio Oliviecki**
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
lucastochetto23@gmail.com | paulo_rdutra@outlook.com | celsodetoffol@outllook.com | tiagogewinski@gmail.com | brunoliviecki@hotmail.com

***Resumo.*** *O concreto quando exposto a elevadas temperaturas tende a perder suas características mecânicas, podendo assim comprometer a estrutura. Nos últimos anos, o uso de fibras adicionadas ao concreto tem se mostrado uma alternativa viável para a melhoria de suas propriedades, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. O presente artigo consiste em uma revisão bibliográfica, cuja metodologia aplicada foi a desk-research, com base em anais de Congressos, do Banco Digital de Teses bem como livros, objetivando avaliar o efeito da incorporação de diferentes tipos de fibra no concreto, de modo a potencializar o desempenho das estruturas de concreto quando submetidas a elevadas temperaturas.*

***Palavras-chave:*** *concreto, elevadas temperaturas, fibras.*

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na indústria da construção, motivo pelo qual têm sido desenvolvidos diferentes estudos a fim de compreender o seu comportamento frente a situações específicas. A inserção de novos componentes à matriz cimentícia tem o objetivo de melhorar suas propriedades, alterando-as positivamente tanto em nível micro quanto macroestrutural.

A exposição do concreto a altas temperaturas induz a uma série de alterações em suas propriedades físicas e mecânicas, podendo, em casos extremos, comprometer a estabilidade da estrutura. Segundo Neville (2016), ainda é muito difícil a obtenção de conclusões definitivas, uma vez que diferentes fatores podem estar envolvidos, tais como: diferenças entre tensões atuantes e condição de umidade do concreto, diferenças no tempo de exposição e diferenças nas propriedades dos agregados.

Nesse sentido, Silva et al. (2010) ressaltam a importância da "avaliação das propriedades residuais do concreto […] para a tomada de decisão sobre a reparação de estruturas de concreto após incêndio". Há ainda de se ponderar que o que se espera do concreto é que ele preserve sua ação estrutural, o que não é sinônimo de ser resistente ao fogo. O fogo propicia o surgimento de gradientes de temperatura, o que ocasiona a separação das superfícies externas mais aquecidas do interior mais frio, fenômeno que pode ser reforçado com a exposição da armadura (Neville, 2016).

## 2. EFEITOS DA TEMPERATURA NO CONCRETO

Em situação de incêndio, são dois os fatores principais que governam o comportamento do concreto: a permeabilidade do concreto e o tipo de agregado utilizado (Mehta e Monteiro, 2008). Kirchhof (2010) ainda elenca outros fatores que podem ser determinantes para a ocorrência do *spalling* (lascamento ou desplacamento) explosivo: teor de umidade, porosidade e distribuição do tamanho dos poros, resistência do concreto, tipo e intensidade do carregamento, dimensão dos corpos de prova e forma da seção transversal, taxa de aquecimento e quantidade de aço utilizada.

Castro, Tiba e Pandolfelli (2011) propuseram-se a estudar as fibras de polipropileno e verificar a sua influência no comportamento de concretos expostos a altas temperaturas. Distinguem-se três diferentes faixas de temperatura de influência: de 20 ºC a 400 ºC, de 400 ºC a 800 ºC e acima de 800 ºC. Assim, menores valores de resistência residual são apresentados pelo concreto de alta resistência na faixa de temperatura entre 20 ºC e 400 ºC, enquanto que acima de

600 ºC, concreto convencional e de alta resistência apresentam comportamento similar, com acentuada perda da resistência original.

Em relação aos concretos de alta resistência, os autores afirmam que estes apresentam uma maior sensibilidade às altas temperaturas devido à sua porosidade reduzida (poros pequenos e pouco interconectados), tanto em relação à perda relativa das propriedades mecânicas (resistência à compressão e módulo de elasticidade) quanto à ocorrência do lascamento explosivo. A adição de fibras de polipropileno com baixo módulo de elasticidade não induz a grandes variações nas propriedades mecânicas do concreto, todavia reduzem a possibilidade de lascamento explosivo devido à exposição ao fogo. Assim, com a fusão das fibras, a uma temperatura aproximada de 170 ºC, forma-se uma rede permeável que permite a migração dos gases para o exterior do concreto, reduzindo a poropressão em seu interior.

Neville (2016) ressalta que concretos de alta resistência apresentam maior queda de desempenho quando comparados a concretos convencionais e maior probabilidade de desplacamento de camadas. Esse fenômeno deriva do baixo consumo de água (menor relação água/cimento) e, consequentemente, baixa permeabilidade do concreto, assim como do uso de maior quantidade de sílica ativa e outras adições minerais. Para concretos normais produzidos com agregados de origem granítica e basáltica, observou-se uma relação uniforme entre resistência residual e temperatura de aquecimento. No entanto, o módulo de elasticidade é afetado significativamente pela temperatura, devido à expulsão de água do concreto, especialmente no intervalo de temperaturas entre 50 e 800 ºC.

## 3. CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS (CRF)

Mehta e Monteiro (2008) afirmam que, naturalmente, o concreto possui muitas fissuras, as quais propagam-se rapidamente em seu interior, conferindo uma baixa resistência à tração ao material. A adição de fibras com propriedades adequadas e na proporção correta aumenta a tenacidade do concreto, ou seja, ele continua suportando cargas consideráveis mesmo após o início da primeira fissura (Fig. 1).

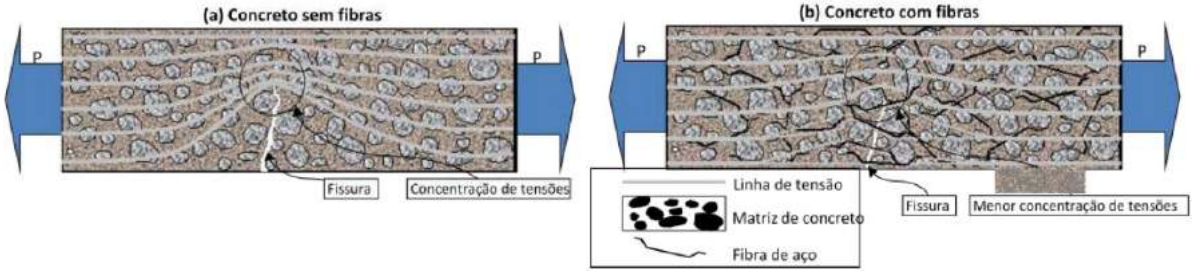



Figura 1. Concentração de tensões para um concreto sem (a) e com reforço de fibras (b) (adaptado de Figueiredo, 2011).

Tal qual o concreto simples, o concreto com fibras também pode ser considerado um material compósito, no qual as fibras constituem uma fase adicional. A adição de fibras ao concreto tem por objetivo melhorar suas propriedades tanto no estado fresco como no estado endurecido, levando em consideração o tipo de fibra, o processo de aplicação e a aderência com a matriz. Quanto ao tipo, podem ser fabricadas a partir de materiais diversos, como, por exemplo, aço, vidro, náilon, polipropileno, poliéster e polietileno (Figueiredo, 2011).

De acordo com Rosa Filho et al. (2017), são dois os tipos de fibras mais utilizados: fibras de aço e fibras de polipropileno. As fibras de aço principalmente para aumentar a capacidade mecânica do concreto, enquanto que as fibras de polipropileno de baixo módulo de elasticidade auxiliam no combate à retração por secagem e à ocorrência de desplacamentos explosivos em incêndios.

### 3.1 Concreto reforçado com fibras de aço e de polipropileno

Diversos estudos vêm sendo realizados, considerando diferentes tipos de concreto, agregados e fibras. Um enfoque especial é dado às fibras de aço e de polipropileno, principalmente no que se refere a concretos de alta resistência, os quais podem provocar danos mais severos à estrutura em caso de incêndio. Na sequência, são apresentadas as principais contribuições sobre o tema nos últimos anos, de modo a compreender as alterações na microestrutura do concreto em função da incorporação de fibras e da exposição a temperaturas elevadas.

Como bem elencado por Neville (2016), pode ser estabelecida uma relação aproximadamente linear entre teor de umidade e *spalling* explosivo. Com base nisso, Argenton (2011) destinou-se a verificar o efeito das variações do teor de umidade e condições de aquecimento na ocorrência de *spalling* em concretos de alta compacidade. As fibras de polipropileno foram adicionadas ao concreto em teores de 1,5% e 2%, sendo os corpos de prova secos em estufa até atingir os teores de umidade especificados: 100%, 90% e 75%. Os corpos de prova com teor de umidade igual a 100% foram imersos em reservatório com água e cal até a data de ensaio. Quanto à temperatura de exposição, adotaram-se os seguintes patamares: 400 ºC, 500 ºC e 600 ºC. Os resultados obtidos apontaram para a redução da ocorrência de *spalling*

à temperatura de 600 ºC e teor de umidade de 90%, para os corpos de prova com e sem fibras. Outrossim, a presença de fibras mostrou-se uma medida eficaz para mitigar a ocorrência de desplacamentos.

Silva (2015) investigou as consequências da utilização de fibras de polipropileno em concretos convencionais e de alta resistência submetidos a altas temperaturas. Para tanto, foram moldados corpos de prova com resistências do concreto iguais a 30 MPa e 50 MPa, sem e com a adição de fibras em um teor de 0,5% do total de volume de concreto. Avaliaram-se as seguintes propriedades: compressão axial, módulo de elasticidade, tração por compressão diametral e perda de massa em função da temperatura de exposição (23 ºC, 100 ºC, 400 ºC e 800 ºC).

Para a faixa de temperatura (de 20 a 400 ºC), os concretos convencionais perderam cerca de 32,97% da resistência original, diante de uma perda aproximada de 41,96%, para concretos de alta resistência. Na segunda faixa ambos concretos perderam aproximadamente 87% de sua resistência, mantendo apenas 13% da resistência a temperatura ambiente. Em função da adição de fibras, observou-se uma redução na resistência à compressão, na resistência à tração e no módulo de elasticidade para todas as temperaturas, ao contrário do que foi obtido para o concreto de alta resistência. Por outro lado, os concretos com fibras não apresentaram lascamento explosivo, o que foi verificado apenas para concretos de alta resistência e sem fibras.

Serrano et al. (2016) analisou a influência de fibras de aço e de polipropileno no comportamento mecânico do concreto exposto a ação direta do fogo (temperatura aproximada de 400 ºC). Foram produzidos 30 corpos de prova cilíndricos, dos quais 6 não tiveram nenhum tipo de adição, 12 tiveram adição de fibra de aço em percentuais de 1% e 2%, em relação à quantidade de cimento utilizada, e 12 tiveram adição de fibra de polipropileno, respeitando-se os mesmos teores. De cada um dos grupos, metade dos corpos de prova foi ensaiada à compressão à temperatura ambiente enquanto que o restante foi previamente aquecido durante o período de 1 hora. A intervalos regulares de 15 minutos, a temperatura foi medida na superfície dos corpos de prova com o uso de termômetro infravermelho (Fig. 2).

Figura 2. Exposição direta ao fogo e medida da temperatura com termômetro infravermelho (Serrano et al. 2016).

Os resultados obtidos indicaram um aumento na resistência à compressão em função da utilização de adição, especialmente de fibras de polipropileno. Além disso, observou-se que o concreto reforçado com fibras de aço sofre mais intensamente a ação do fogo do que concretos com fibras de polipropileno ou mesmo sem adição. Por outro lado, o uso de fibras de polipropileno em teor de 1% permitiu a dissipação da pressão de vapor e, consequentemente, redução das poropressões e da fissuração. Logo, o concreto sem fibras apresentou um desempenho menor quando comparado ao concreto com fibras de aço ou de polipropileno.

Vieira (2016) dispôs-se a analisar as propriedades macro e microestruturais do concreto reforçado com fibras de polipropileno submetido a elevadas temperaturas. Assim como Silva (2015), o concreto foi dosado a fim de atingir uma resistência de 50 MPa, com o teor de fibra fixado em 0,5% e temperaturas de análise de 100 ºC, 400 ºC e 800 ºC.

A presença de lascamento explosivo foi observada em algumas amostras de concreto sem fibras, assim como alteração na coloração dos corpos de prova após serem aquecidos. A resistência à compressão, por sua vez, diminui com o aumento da temperatura, sendo o melhor desempenho apresentado pelo concreto sem fibras. No entanto, a 800 ºC, a perda de resistência atingiu 90% para ambos os traços. Uma tendência semelhante foi apresentada para o módulo de elasticidade, todavia o efeito da temperatura foi mais severo, alcançando valores praticamente nulos a 800 ºC. Nesse caso, a adição de fibras de polipropileno não influencia consideravelmente na resistência à compressão e no módulo de elasticidade, entretanto contribuem para a redução de desplacamentos explosivos do concreto.

### 3.2 Concreto reforçado com fibras de polietileno (PET)

A utilização de fibras de polietileno na matriz cimentícia não é tão fomentada e estudada quanto os outros tipos de fibra abordados anteriormente. Isso se deve à disposição aleatória no interior do concreto, o que impossibilita a

formação de uma rede de canais que permitam a dissipação das poropressões, a exemplo do que ocorre com as fibras de polipropileno. Entretanto, pesquisas continuam sendo desenvolvidas a fim de melhor compreender o comportamento do concreto nessas circunstâncias. Alguns estudos são apresentados a seguir.

Meneses (2011) baseou-se na utilização de fibras de politereftalato de etileno (PET) para a correção dos efeitos de altas temperaturas no concreto. Com o teor de adição fixado em 3 kg/m³, os corpos de prova foram aquecidos a temperaturas de 100 ºC, 200 ºC, 300 ºC, 400 ºC, 600 ºC e 900 ºC e ensaiados à compressão. Do ponto de vista estatístico, o concreto com PET apresentou valores de resistência muito próximos e ligeiramente superiores aos do concreto sem PET. Verificou-se, para ambas as amostras, um decréscimo na resistência à compressão a partir de 300 ºC. Assim, para este estudo, a adição de PET mostrou-se uma medida eficaz tanto no desempenho mecânico quanto na redução do desplacamento do concreto.

Assim como Meneses (2011), Silva (2013) estudou a influência da incorporação de fibras de PET em concretos de diferentes resistências à compressão quando submetidos a altas temperaturas. Foram moldados corpos de prova de concreto convencional e concreto de alta resistência, teor de adição de 0,4% e temperaturas de exposição de 28 ºC, 200 ºC, 400 ºC e 600 ºC. À temperatura ambiente, a adição de PET provocou uma redução de resistência da ordem de 8,2%, o que se deve à baixa aderência das fibras com a pasta cimentícia. Em geral, a resistência decresceu até os 200 ºC, aumentou entre 200 ºC e 400 ºC e voltou a decrescer a partir de 400 ºC. Entretanto, a queda na resistência é menos acentuada nos concretos com fibras, no intervalo de temperatura entre 400 ºC e 600 ºC. Quanto à porosidade e absorção, constatou-se um aumento nessas propriedades com o aumento da temperatura. Para o estudo em questão, o teor de fibras adicionado não foi eficiente para combater o lascamento (explosivo e superficial), que ocorreu para os dois tipos de concreto, com e sem fibras. Diante do exposto, as fibras de PET não apresentaram desempenho satisfatório quando comparadas às fibras de polipropileno.

## 4. CONCLUSÃO

Com base nos estudos desenvolvidos, percebe-se que a incorporação de fibras de polipropileno não propicia alterações significativas nas propriedades mecânicas do concreto. No entanto, apresenta bons resultados na prevenção do *spalling* explosivo, especialmente em concretos de alta resistência. A adição de fibras de polietileno, por sua vez, constitui-se em uma alternativa viável à redução dos passivos ambientais gerados em função do descarte inadequado desse material. Contudo, ainda há a necessidade de realização de trabalhos experimentais para que possam ser estabelecidas bases sólidas sobre o emprego de fibras de PET em concretos sujeitos a elevadas temperaturas.

Portanto, do ponto de vista da resistência ao fogo e da segurança estrutural, o reforço com fibras pode ser uma solução interessante para a composição de concretos. A utilização de fibras híbridas (fibras de aço e de polipropileno) também é uma opção a ser considerada, posto que as fibras de aço proporcionam um melhor desempenho mecânico do concreto, ao passo que as fibras de polipropileno auxiliam na prevenção e atenuação de lascamentos em concretos expostos a altas temperaturas.

## 5. REFERÊNCIAS

Argenton, M. B., 2011. *Efeito das variações do teor de umidade e condições de aquecimento no comportamento do spalling de concretos de alta compacidade*. 2011. Trabalho de Diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

Castro, A.L. de, Tiba, P.R.T. e Pandolfelli, V.C., 2011. "Fibras de polipropileno e sua influência no comportamento de concretos expostos a altas temperaturas: revisão". *Cerâmica*, vol. 57, pp.22-31.

Figueiredo, A. D., 2011. *Concreto reforçado com fibras*. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Kirchhof, L.D., 2010. *Estudo teórico-experimental da influência do teor de umidade no fenômeno de spalling explosivo em concretos expostos a elevadas temperaturas*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Mehta, P.K. e Monteiro, P. J.M., 2008. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. IBRACON, São Paulo.

Meneses, I.A., 2011. *Avaliação de concreto com adições de fibras de PET submetido a altas temperaturas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Neville, A.M., 2016. *Propriedades do concreto*. Bookman, São Paulo.

Rosa Filho, C. D. et al., 2017. "Análise do comportamento mecânico do concreto com adição de fibras de polipropileno e sua atuação no combate às manifestações patológicas". In *Anais da Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas – CONPAR2017*. Recife, Brasil.

Serrano et al, 2016. "Analysis of fire resistance of concrete with polypropylene or steel fibers". *Construction and Building Materials*, vol. 122, pp. 302-309.

Silva, D.S. et al., 2010. "Concretos normais após incêndio". In: *Atas do Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas*. Lisboa, Portugal.

Silva, J.S., 2013. *Estudo de concretos de diferentes resistências à compressão submetidos a altas temperaturas sem e com a incorporação de fibras de politereftalato de etileno (PET)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Silva, K.C.L.S, 2015. *Estudo do efeito da fibra de polipropileno no concreto quando submetido a altas temperaturas*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

Vieira, A., 2016. *Análise macro e microestrutural do comportamento do concreto reforçado com fibras de polipropileno submetido a elevadas temperaturas*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INCORPORAÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE EM CIMENTO SUPERSULFATADO

**Claudia Regina Bernardi Baldin**
Departamento Acadêmico de Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco - UTFPR
claudiabaldin@utfpr.edu.br;

**Jeferson Teixeira Olea Homrich**
Departamento Acadêmico de Engenharia Civil - Universidade Tecnólogica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco – UTFPR
jhomrich@utfpr.edu.br

**Roberto Carlos Carneiro**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco – UTFPR
*carneiro@utfpr.edu.br;*

**Polyana Martinello**
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
*polyana_martinello@hotmail.co*

**Mariana Perardt**
Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco – UTFPR
marianaperardt@alunos.utfpr.edu.br

**Caroline Angulski da Luz**
Professora Doutora, Programa de Pós-Graduação Eng. Civil, Universidade Tecnólogica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco – UTFPR
angulski@hotmail.com;

***Resumo***
*A galvanização é um dos processos da indústria de metal mecânica, onde no processo de proteção da superfície dos metais se emprega o cromo hexavalente, o qual posteriormente é descartado juntamente com um resíduo chamado de lodo galvânico que é prejudicial ao meio ambiente, devendo ser monitorado antes mesmo de sair do meio gerador deste resíduo, onde o descarte deve ser em conformidade com os padrões técnicos. Entretanto, este estudo utiliza o cimento supersulfatado, visando à aplicação da técnica de solidificação estabilização do cromo hexavalente, presente no dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). Onde será possível verificar o potencial de encapsulamento e estabilização do resíduo através dos ensaios laboratoriais de DRX, ATG/DSC. Além destes ensaios foram realizados os ensaios de calorimetria isotérmica, resistência a compressão e lixiviação. Os resultados mostraram que apesar de bom desempenho na resistência mecânica, a lixiviação obteve um valor elevado, sendo 27,28 ppm onde o máximo permito para esse resíduo é de 5 ppm, segundo a NBR 10004.*

***Palavras-chave:*** *Cimento supersulfatado.Cromo hexavalente. Resistência mecânica*

## 1. INTRODUCTION

A galvanoplastia é um processo primordial na indústria metalúrgica e metalmecânica, entretanto com o alto potencial poluidor pelas características dos insumos utilizados. Consequentemente, é um dos processos industriais muito crítico com relação ao lançamento de poluentes no meio ambiente, seja no aspecto quantitativo e qualitativo. Todavia, é uma atividade que demanda elevado consumo de água para o processo. Por esse motivo, é responsável por grandes volumes de descartes com altos teores de elementos prejudiciais ao meio ambiente. Devido aos contaminantes presentes, se esses efluentes não forem tratados corretamente, podem ser prejudiciais ao meio ambiente (água e solo) e consequentemente aos seres humanos.

O lodo galvânico oriundo dos processos que utilizam metais como acabamento estético, protetivo ou decorativo de produtos industrializados, é um dos principais efluentes contaminados com o cromo hexavalente (MANSUR, *et. al*., 2008)

Atualmente, a tecnologia utilizada na destinação do lodo galvânico é o aterro de resíduos industriais, contudo, pela maior difusão dos conceitos de sustentabilidade nas indústrias e pela necessidade de se reciclar materiais ser cada vez maior, em virtude de uma disponibilidade cada vez menor, novas tecnologias são estudadas em países desenvolvidos, visando a recuperação dos metais citados e valorizando um resíduo que simplesmente se descarta em aterros.

Classificado como Resíduo Sólido Industrial Perigoso, classe I, segundo NBR 10004:2004, o cromo hexavalente presente em lodo galvânico, apresenta uma alta concentração de metais pesados em sua composição, sendo o mais perigoso dentre os resíduos produzidos pela indústria metalúrgica (ESPINOSA e TENÓRIO, 2001).

O descarte ou estocagem inadequada deste resíduo poderá causar danos ao meio ambiente e à saúde. A sua lixiviação, por parte das águas das chuvas, pode promover a danos da cadeia alimentar com metais pesados. Devido sua natureza química a biodegradação ou apropriação pelo ambiente não é realizada num espaço temporal compatível com as exigências ambientais de saúde pública (MILANEZ *et. al.*, 2004).

Os principais objetivos da solidificação/estabilização são de reduzir a mobilidade dos contaminantes, minimizar os líquidos livres, e ocasionalmente, aumentar a resistência física do resíduo. Os processos baseados em cimento Portland alcançam esses objetivos pela formação de um sólido granular ou monolítico que incorpora o material residual e imobiliza os contaminantes. A formação da matriz sólida ocorre devido a hidratação dos silicatos no cimento, fornecendo silicatos de cálcio hidratado. Uma quantidade suficiente de água livre pode estar presente no material residual, ou pode haver a necessidade de adição. Dos agentes ligantes inorgânicos, o cimento Portland provavelmente tem tido a maior diversidade de aplicação a diversos resíduos perigosos, especialmente quando combinados com cinzas volantes. Como o cimento é um material de construção usual, os materiais e equipamentos são geralmente produzidos em larga escala e geralmente de baixo custo quando comparado a processos de tratamento de grande consumo de energia como a vitrificação e a incineração. Muitos tipos de cimento têm sido usados para diversas finalidades, mas somente aqueles classificados como cimento Portland, que é basicamente composto de silicato de cálcio anidro, tem tido um uso relevante na tecnologia S/E (CONNER, 1990).

Como o lodo galvânico não é permitido estocagem em aterros, a medida correta é de encapsular, método conhecido como solidificação, estabilização, inertização ou fixação, consiste na estabilização ou imobilização de resíduos perigosos transformando-os em materiais menos poluentes através da adição de aglomerantes ou através de processos físicos.

Os cimentos supersulfatados (CSS) são utilizados na Europa desde aproximadamente 1950. Para substituir o cimento Portland, considerado de alto impacto ambiental pela liberação de CO2 na sua fabricação, os cimentos CSS juntamente com um ativador alcalino é de grande valia e utilidade. Segundo (DA LUZ e HOOTON, 2015), os requisitos para um cimento ser considerado CSS estão na sua composição química, sendo que dois terços devem ser da soma de óxidos de cálcio, magnésio e dióxido de silício. Quase 80% da sua composição é de escória de alto forno, 15% de gesso e aproximadamente 5% de ativador alcalino. De acordo com (LIU, WANG, *et al*., 2014), o uso da escória de auto forno traz inúmeros benefícios para os cimentos CSS, principalmente para o meio ambiente.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade do cimento supersulfatado (CSS) de encapsulamento do cromo hexavalente visando a solidificação do lodo galvânico contendo o cromo. A escolha pelo CSS deu-se, pelo fato desse cimento apresentar a formação da fase etringita durante a hidratação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Utilizou-se como fonte de cromo hexavalente o sal de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), P.A - 99% de pureza (Vetec Química Final Ltda) e 2,675g/cm³, para verificar, previamente, a influência do Cromo (Cr) nas propriedades do cimento.

Para solidificação e estabilização do resíduo, o aglutinante utilizado foi o cimento Supersulfatado que possui composição formada por 89,5% de escória, 10% de anidrita e 0,5% de ativador alcalino, sendo utilizado o hidróxido de potássio, K(OH).

A areia normalizada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) segundo NBR 7214 (2015), foi utilizada para produção das argamassas para fins do ensaio de resistência à compressão e lixiviação.

### 2.1 Métodos

#### 2.2.1 Estudo em pasta

As misturas realizadas para pastas de cimento Supersulfatado estão apresentadas na Tabela 1, onde em todas as misturas foi utilizado uma relação água/cimento de 0,4, com o objetivo de manter a mesma consistência nas pastas de

referência e com 1% de Cromo (VI). O preparo das pastas para realização dos estudos microestruturais de DRX (Difração aos Raios X), DSC (Análise Térmica Diferencial) e calorimetria de hidratação, foi realizada primeiramente com a mistura dos componentes secos e posteriormente a adição da água gradual sob agitação manual constante por um período de tempo total de 60 segundos.

Tabela 01 - Proporção de materiais utilizados nas pastas

| **Mistura** | **Quantidade dos materiais (g)** | | |
|---|---|---|---|
| | **Cimento** | **Água** | **$K_2Cr_2O_7$** |
| REF | 20 | 8 | 0 |
| CSS 1% | 20 | 8 | 0,57 |

Fonte: Pessoal

2.2.2 Estudo em Argamassa

Os estudos realizados em argamassa compreendem os ensaios de resistência mecânica e lixiviação (cromo hexavalente e total) produzidas em matriz cimentícia, com relação água/cimento de 0,5. A tabela 2 apresenta as quantidades de materiais empregadas nas misturas das argamassas.

Tabela 02 – Proporção de materiais utilizados nas argamassas

| **Mistura** | **Quantidade dos materiais (g)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Cimento(g)** | **Água (g)** | **Areia (g)** | **$K_2Cr_2O_7$ (g)** |
| REF | 500 | 250 | 1500 | 0 |
| CSS 1% | 500 | 250 | 1500 | 14,15 |

Fonte: Autoria própria

Os corpos de prova (Fig. 1) foram moldados em forma prismática 4x4x16cm, conforme a NBR 7215:1997, desmoldados após 7 dias de hidratação, sempre acondicionados em ambiente sob temperatura de 23° e umidade relativa do ar à 95%, até as idades de ensaio.

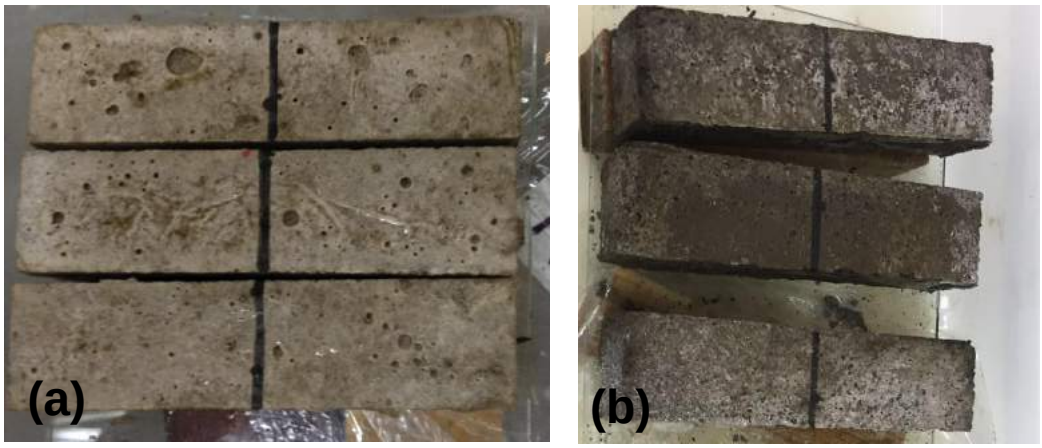



Figura 01 – (a) Argamassa referência (0% Cr);(b) Argamassa (1% Cr)

Os testes mecânicos de resistência à compressão foram realizados aos 7 e 28 dias de idade, utilizando uma prensa da marca EMIC, modelo DL-30000, com célula de carga de 300 kN.

A lixiviação foi realizado em amostras de argamassa de acordo com a norma brasileira NBR 10005/2004,. As amostras (Fig. 2) foram trituradas a partir dos testes de resistência à compressão (material passante na peneira 9,5 milímetro), para posterior coloca-las em solução aquosa de ácido acético, com pH de aproximadamente 2,88. Os resultados de lixiviação foram análisados por espectrometria de absorção atômica (ICP-AES).

Figura 2 – (a) Amostra/líquido lixiviante; (b) Fragmentos de argamassa para análise de lixiviação

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Estudo em pasta

#### 3.1.1 Calor de hidratação

Os resultados do monitoramento do calor de hidratação realizados por um período de sete dias são apresentados na figura 01. Observou-se que as pastas com a presença do sal de dicromato de potássio apresentaram uma liberação de calor mais rápida e mais intensa em relação à pasta com isenta, indicando que a presença do sal propiciou um aumento no processo de hidratação do cimento.

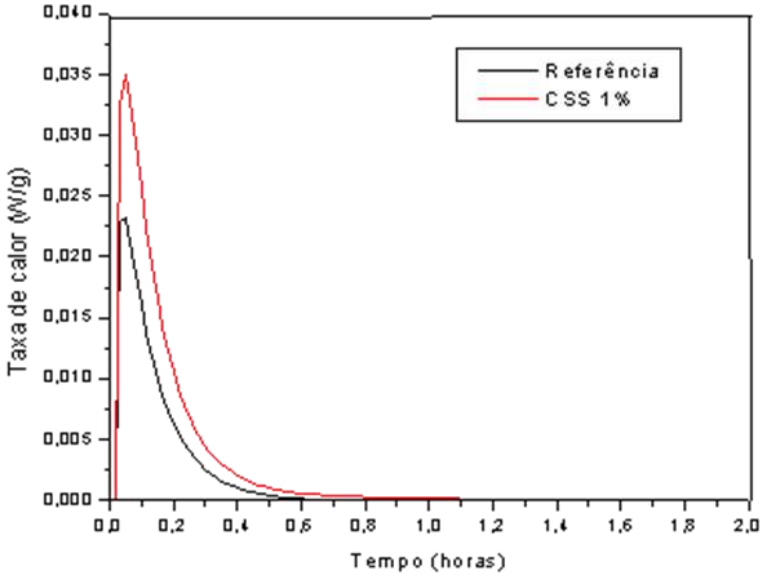



Figura 3 – Curvas calorimétricas de taxa de calor liberado

#### 3.1.2 Difratometria de raios X (DRX)

As amostras foram analisadas por DRX aos 7 e 28 dias de hidratação do cimento. Observou-se que aos sete dias, as curvas das pastas com e sem cromo se mostraram similares, não apresentando uma interferência significativa do cromo no processo de hidratação. Porém, aos 28 dias, a adição de cromo hexavalente aumentou a intensidade dos picos principalmente as fases dos compostos de etringita.

3.1.3 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

As curvas de DSC apresentaram algumas transformações endotérmicas caracterizadas pelos picos observados. Foi possível verificar nas pastas com e sem adição de dicromato de potássio, os seguintes compostos: A presença de picos com intensidade similares de CSH (entre 70 – 90 °C) e de etringita (entre 90 – 110 °C), além do pico característico da gipsita em torno de 132°, porém a gipsita aparece em menor intensidade. Pode-se notar um aumento significativo nos picos da etringita quando adicionado o cromo na amostra, corroborando como aumento dos picos das fases de etringita apresentado nos ensaios de Difratometria de Raios X.

3.2 Estudo em argamassa

3.2.1 Resistência mecânica

A figura 4 apresenta os resultados dos ensaios de resistência a compressão. Nota-se que a amostra referência possui maior resistência nas idades iniciais, porém menor ganho de resistência ao longo do tempo, chegando aos 28 dias com uma resistência menor que a amostra com 1% de cromo. Isso pode ser explicado por meio do aumento na quantidade de etringita formada na hidratação da amostra com adição do dicromato de potássio, que aos 28 dias, apresenta picos mais elevados que a amostra referência, conforme demonstrado no ensaio de DRX.

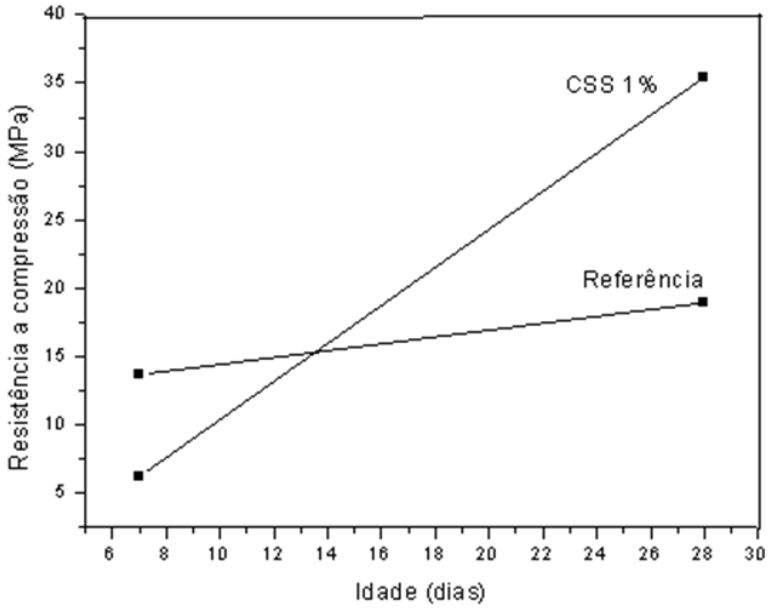



Figura 4 - Resistência das argamassas de CSS

3.2.2 Lixiviação

O resultado obtido no extrato lixiviado aos 28 dias de hidratação, realizado em argamassa, que continha adição de dicromato de potássio foi de 27,28 mg/L para cromo hexavalente e 30,30 mg/L para cromo total. O limite de detecção para cromo total em resíduos sólidos é de 5mg/L, valor esse, estabelecido pela norma vigente (NBR 10004, 2004).

Informando a concetração lixiviada (Conc. L) e a concentração total incialmente adicionada a amostra (Conc. T), chegou-se a uma eficiência de 72,95% do referido processo para o Cr e 75,64% para o Cr VI.

## 4. CONCLUSÃO

Observou-se que a presença do cromo causou uma liberação maior de calor de hidratação do cimento supersulfatado até os 07 dias e aos 28 dias, teve aumentou na intensidade dos picos principalmente as fases dos compostos de etringita.

O cimento supersulfatado obteve resultados significativos de resistência mecânica com incorporação de cromo aos 28 dias, apresentado uma resistência superior a argamassa referência, isso pode ser explicado pelos resultados apresentados nos ensaios de DRX e DSC, onde as amostras com adição de cromo apresentaram picos mais elevados de etringita.

Em relação ao teste de lixiviação, embora a concentração lixiviada de cromo tenha sido superior ao limite exigido pela NBR 100004, pode-se constatar que a retenção foi de 75,64% do metal pelo cimento supersulfatado, sendo um resultado satisfatório, considerando que as condições da norma são bastante extremas e a solubilidade do cromo hexavalente é alta.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10004, 2004c. "Resíduos sólidos" - *Classificação*. Rio de Janeiro.

_____ NBR 7214, 2015. "Areia normal para ensaio de cimento" – *Especificação.* Rio de Janeiro.

_____ NBR 10005, 2004. "Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduo sólido". Rio de Janeiro.

CONNER, J.R., 1990. *Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Waste*. Van Nostrand Reinhold, New York.

DA LUZ, C. A.; HOOTON, R. D., 2015. "Influence of curing temperature on the process of hydration of hydration of supersulfated cements at early age*". Cement and Concrete Research*, Vol. 77, p. 69 - 75, Pato Branco.

ESPINOSA, D.C.R.; TENÓRIO, J.A.S., 2000. "Laboratory study of galvanic sludge's influence on the clinkerization process". *Resource, Conservation and Recycling*, Vol. 31 p. 71-82.

LIU, W. *et al*.,2014. "Influence of fineness on hydration kinetics of supersulfated cement". *Thermochimica Acta*, China, Vol. 605, p. 37–42, February.

MANSUR, M.B.; ROCHA, S.D..F; MAGALHÃES, F.S.; BENEDETTO, J.S., 2008. "Selective extraction of zinc (II) over iron (II) from spent hydrochloric acid pickling effluents by liquid–liquid extraction". *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 150, n. 3, p. 669-678.

MILANEZ K.W., KNIESS C.T., BERNARDIN A.M., RIELLA H.G., KUHNEN N.C., 2004. *Caracterização de Pigmentos Inorgânicos à Base de Fe, Zn E Cr Utilizando Resíduo de Galvanoplastia como Matéria-Prima*. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC; SC Departamento de Engenharia de Materiais – UNESC.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITO DO TIPO DE MATERIAL EMPREGADO NAS FORMAS DE CONCRETO NO VALOR DOS ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS

**Claudia Regina Bernardi Baldin**
Departamento Acadêmico de Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco - UTFPR
claudiabaldin@utfpr.edu.br;

**Mariana Perardt**
Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco – UTFPR
marianaperardt@alunos.utfpr.edu.br

**Jesiane Gonçalves**
Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco – UTFPR
jesianeg@alunos.utfpr.edu.br

**Ernesto Valdecir Gomes Junior**
Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco – UTFPR
ernestogomesjunior@gmail.com

**Mário Arlindo Paz Irrigaray**
Professor Doutor, Programa de Pós-Graduação Eng. Civil, Universidade Tecnólogica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco – UTFPR
irrigaray@gmail.com

***Resumo***
*Embora o ensaio esclerométrico seja mais adequado para a verificação da uniformidade do concreto, ele pode ser utilizado para se obter uma estimativa da resistência à compressão deste material, desde que sejam obtidas previamente curvas experimentais de correlação. A madeira de pinus, assim como a madeira compensada laminada são frequentemente usadas na produção de formas, havendo ainda casos, como em pré-moldados, em que as formas empregadas são de aço. O presente trabalho teve como objetivo estabelecer curvas de correlação entre misturas de concreto produzidas com cimento CP-II-F-40, empregando-se brita basáltica com dimensão máxima de 9,5 mm, areia natural e relações água/cimento de 0,43, 0,48, 0,54, 0,60, 0,65, as quais foram moldadas em formas de pinus, madeira compensada e de aço. Os ensaios foram realizados nas idades de 7 e 28 dias. Neste estudo, foi possível verificar que o tipo de material empregado como forma afeta as características superficiais do mesmo, influenciando no valor do índice esclerométrico. Constatou-se também que as superfícies dos concretos moldados em formas de aço apresentaram maiores valores de dureza que os concretos moldados em formas de madeira compensada e pinus para os mesmos níveis de resistência, sendo possível obter uma correlação entre o tipo de forma e a resistência, através do índice esclerométrico.*

***Palavras-chave:*** *Concreto. Ensaio esclerométrico. Resistência.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Isaia (2007), a resistência mecânica do concreto é o parâmetro mais empregado para se avaliar a qualidade do material, podendo ser determinado pelos métodos de ensaios destrutivos e não destrutivos. Os ensaios não destrutivos podem ser empregados para avaliação da resistência mecânica do concreto e condições específicas, como o nível de corrosão de uma armadura (EVANGELISTA, 2002).

De acordo com Castro *et. al*., (2009), as avaliações da resistência do concreto através de ensaios não destrutivos podem ser realizadas "*in loco*", sendo aplicada para esclarecer dúvidas que venham surgir quando realizado o controle tecnológico do concreto, diagnosticar patologias, além de auxiliar em inspeções periódicas de manutenção ou alterações de uso e/ou ampliação da estrutura.

Ensaios não destrutivos tem sido empregado ao longo da história, com diferentes objetivos. Dentre eles, tem-se o ensaio de esclerometria, bastante divulgado devido a simplicidade, facilidade de manuseio, além de baixo custo. Esse ensaio é recomendado para analisar a uniformidade do concreto lançado em obra e como auxiliar de outros ensaios não destrutivos, tais como ultrassonografia, *pull off* e penetração de pinos; também para ensaios parcialmente destrutivos, como é o caso da extração de testemunhos. Contudo, ainda se utiliza desse ensaio para estimar a resistência à compressão do concreto, embora pese o fato de o esclerômetro medir apenas a dureza superficial do concreto e não a resistência, sendo vários os fatores que afetem a dureza sem que afetem a resistência.

A esclerometria é um dos ensaios não destrutivos que comumente é utilizado para detectar inconformidades em lotes de concreto que possam comprometer uma estrutura, pelo fato de ser um método simples, econômico, de fácil realização e principalmente por não prejudicar o desempenho da estrutura.

O esclerômetro de reflexão, desenvolvido pelo engenheiro Suíço Ernest Shimidt, em 1948, para avaliação da dureza superficial de uma massa de concreto, baseado no princípio do ricochete, segundo Neville (1997), é um dos ensaios não destrutivos mais antigos e ainda muito utilizado.

No Brasil, o procedimento para realização desse ensaio denominado “Ensaio de Esclerometria” é estabelecido pela NBR 7584 (ABNT, 2012), onde é descrito o método para avaliação da dureza superficial do concreto endurecido pelo uso do esclerômetro de reflexão. A Fig. 1 apresenta as partes principais que compõem o instrumento e a Fig. 2 ilustra a sequência de movimento no momento de execução do ensaio (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

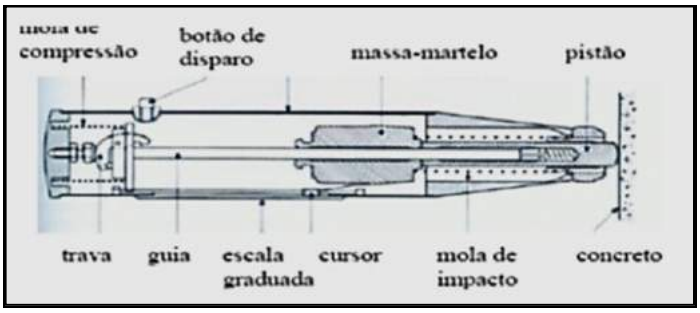



Figura 1: Corte em esclerômetro tipo N, com informações complementares.

Fonte: ISAIA, (2007)

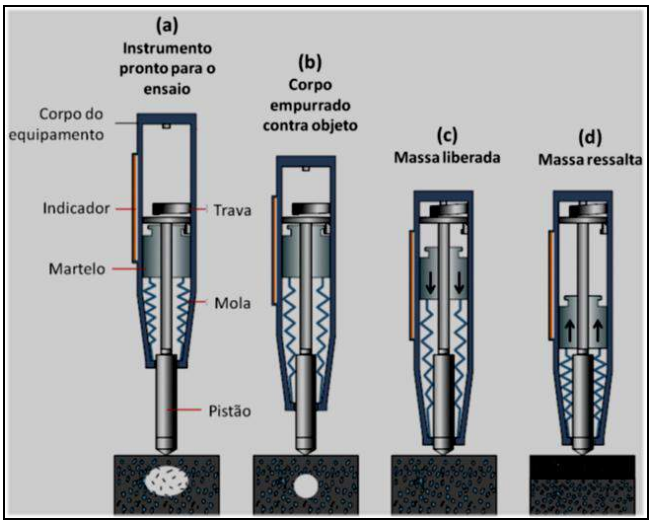



Figura **Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento.**: Cortes longitudinais do esclerômetro durante suas principais etapas de funcionamento.

Fonte: PEREIRA E MEDEIROS, (2012)

Esse trabalho teve como objetivo investigar a influência do tipo de material empregado nas formas nos índices esclerométricos em diferentes misturas de concreto e correlacionar estes resultados com a resistência a compressão axial.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

O cimento utilizado foi o CP II-F-40, apresentando massa especifica de 3,07 g/cm³, conforme ensaio da NBR 16605 (ABNT, 2017). Como agregado miúdo, uma areia natural com módulo de finura 2,01, dimensão máxima característica de 2,4mm, enquadrando-se na distribuição granulométrica no limite mínimo utilizável. O agregado graúdo é de natureza basáltica, com dimensão máxima característica de 9,5 mm e módulo de finura 2,36.

### 2.2 Métodos

Inicialmente foi realizada a caracterização dos agregados que compõem a mistura do concreto. Obteve-se, na sequência, a definição dos traços pelo método ABCP com cinco relações água/cimento diferentes, sendo 0,43, 0,48, 0,54, 0,60, 0,65. O abatimento do tronco de cone (*Slump Test*) fixado foi de 120 mm ± 10 mm, com teor de argamassa de aproximadamente 52%. Para cada relação água/cimento, confeccionou-se uma betonada de concreto para moldagem das amostras que posteriormente foram utilizadas nos ensaios. As determinações das misturas segundo método IPT (Instituto de Pesquisas Técnologicas), resultou no proporcionamento dos materiais, conforme mostrado na Tab. 1.

Tabela 1 – Misturas concreto

| **Relação a/c (água/cimento)** | **Cimento** | **Areia** | **Brita** |
|---|---|---|---|
| 0,43 | 1 | 1,13 | 1,97 |
| 0,48 | 1 | 1,35 | 2,17 |
| 0,54 | 1 | 1,72 | 2,51 |
| 0,60 | 1 | 2,09 | 2,85 |
| 0,65 | 1 | 2,24 | 2,99 |

Com a finalidade de atender os objetivos propostos, foram produzidas formas prismáticas de 20 cm, com diferentes materiais, ou seja, formas de madeira de pinus, formas de madeira compensada 12 mm e forma de madeira compensada revestida com chapa de aço, conforme apresentado na Fig. 3. Além dos prismas, foram moldados dez corpos de prova cilíndricos de 10 x 20 cm para determinação da resistência à compressão axial e ensaio de módulo de elasticidade. Os concretos produzidos foram ensaiados nas idades de 7 e 28 dias, com exceção do ensaio de módulo de elasticidade que ocorreu somente aos 28 dias.

a) b)

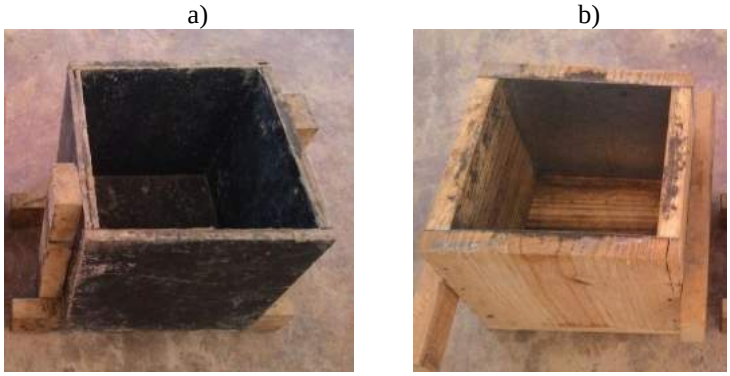


Figura 3 – a) Forma de madeira compensada laminada; b) Forma de madeira de pinus e aço

A fim de garantir a homogeneidade do concreto, as misturas foram confeccionadas em betoneira e adensadas com haste metálica em duas camadas, tanto os cilíndricos quanto os prismáticos. Finalizada a concretagem dos corpos de prova prismáticos e cilíndricos, os mesmos foram desmoldados após 24 horas e mantidos em cura em laboratório à temperatura constante de 23°C.

Foram realizadas correlações entre os valores dos índices esclerométricos obtidos nas faces dos concretos moldados nos diferentes materiais e a resistência à compressão, nas idades de 7 dias e 28 dias.

### 2.2.1 Resistência à compressão

A resistência característica (fck) do concreto à compressão, foi realizada seguindo os procedimentos propostos na NBR 5739 (ABNT, 2007). O equipamento empregado foi uma prensa EMIC (modelo PC200), com controle de velocidade na aplicação de carga. Para regularização da superfície dos corpos de prova, foi utilizado retífica com disco diamantado.

### 2.2.2 Esclerometria

Para determinação dos índices esclerométricos, os corpos de prova prismáticos foram fixados em uma prensa para serem previamente carregados, tendo como objetivo restringir os movimentos das peças durante o ensaio.

Para determinação dos índices esclerométricos, o aparelho utilizado foi um esclerômetro marca Proceq® com energia de percussão de 2,207 Nm e intervalo de medição $10^{-70}$ N/mm². A execução do ensaio seguiu os procedimentos conforme NBR 7584 (ABNT, 2012), sendo realizada inicialmente a calibração do aparelho e marcação dos pontos de impacto do esclerômetro nas faces do corpo de prova.

Após a calibração do equipamento, a determinação dos índices esclerométricos foi executada em cada face dos corpos de prova prismáticos, totalizando dezesseis leituras. A Fig. 5 apresenta o corpo de prova antes e durante a execução do ensaio.

Figura 5 – Prisma para ensaio esclerométrico e pontos de impacto

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, os resultados obtidos foram tratados estatisticamente com o objetivo de eliminar valores espúrios, que poderiam comprometer a validação das análises, sendo considerado válida a leitura obtida quando pelo menos cinco valores individuais não diferiram da média em mais de 10%. Seguindo recomendações da NBR 7584 (ABNT, 2012), os valores fora do limite foram descartados e a média foi recalculada somente com os valores válidos. Para os corpos de prova cilíndricos ensaiados à compressão simples, considerou-se os valores de resistência como sendo a média entre quatro amostras de cada concreto estudado.

Os resultados estão organizados nas Tab. 3 e 4, elaborando-se, na sequência, gráficos para demonstrar as correlações entre o índice esclerométrico e a resistência à compressão simples para as cinco misturas de concreto.

Tabela 3: Resultados de resistência à compressão e esclerometria aos 7 dias

| **Relação água/cimento** | **Resistência MPa (fcm(1) 7 dias)** | **Esclerômetro forma pinus** | **Esclerômetro forma aço** | **Esclerômetro forma mad. compensado** |
|---|---|---|---|---|
| **0,43** | 44,19 | 34,1 | 38,7 | 34,6 |
| **0,48** | 40,20 | 33,2 | 34,5 | 33,3 |
| **0,54** | 37,16 | 30,8 | 33,4 | 33,0 |
| **0,60** | 30,55 | 28,9 | 32,3 | 31,73 |
| **0,65** | 28,09 | 29,6 | 31,3 | 30,4 |

(1) Força de compressão média

Tabela 4: Resultados de resistência à compressão e esclerometria aos 28 dias

| Relação água/cimento | Resistência Mpa (fcm(1) 28 dias) | Esclerômetro forma pinus | Esclerômetro forma aço | Esclerômetro forma Mad. compensado |
|---|---|---|---|---|
| **0,43** | 54,18 | 38,7 | 43,5 | 41,1 |
| **0,48** | 52,00 | 40,9 | 40,7 | 40,1 |
| **0,54** | 41,45 | 40,2 | 40,8 | 40,9 |
| **0,60** | 36,45 | 38,3 | 40,4 | 41,0 |
| **0,65** | 31,29 | 36,1 | 38,9 | 41,2 |

(1) Força de compressão média

As Figuras 6 e 7 apresentam as correlações entre o índice esclerométrico e a resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de cura, respectivamente. Sendo, possível identificar que o tipo de material empregado como forma para o concreto pode influenciar as características superficiais do mesmo. Para os ensaias realizados aos 7 dias, o valor de $R^2$ encontrado ficou bem próximo de 1. O que mostra a qualidade e confiança das correlações propostas para concretos com cimento CP II – F 40.

Pode-se observar através dos resultados deste estudo que as formas de aço apresentam valores de dureza superior para os mesmos níveis de resistência, quando comparado as formas de madeira compensado e Pinus, tanto nas idades de 7 e 28 dias de cura, isso pode ser explicado pelas diferentes taxas de absorção e de hidratação do concreto.

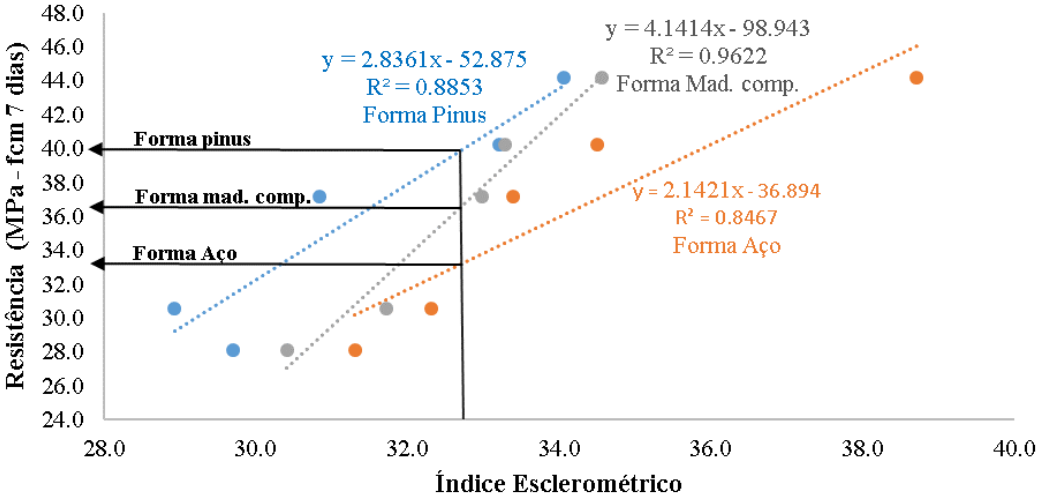



Figura 6 – Correlação entre índice esclerométrico e resistência à compressão (idade 07 dias)

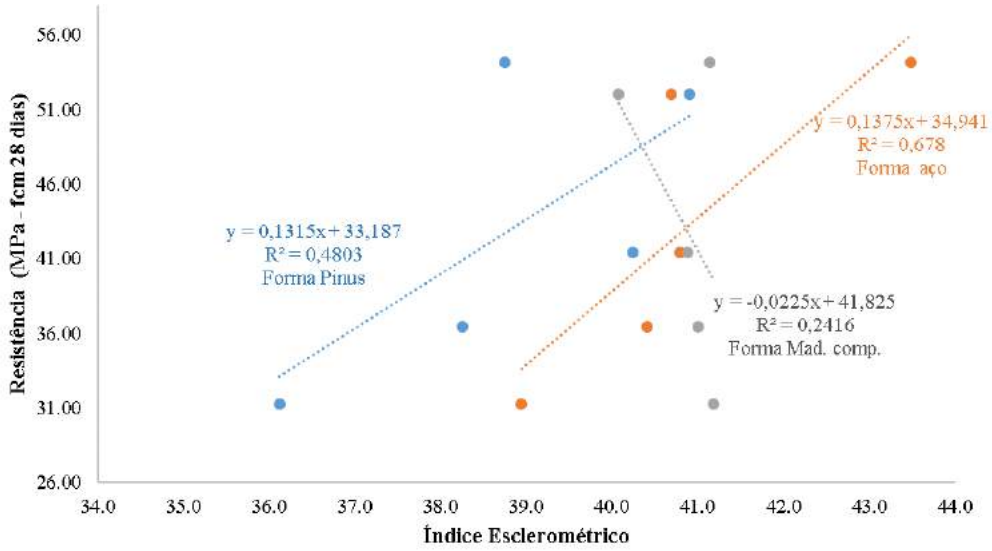



Figura 7 – Correlação entre índice esclerométrico e resistência à compressão (idade 28 dias)

## 4. CONCLUSÕES

Por meio da análise dos resultados concluiu-se que o tipo de material empregado como forma para o concreto afeta as características superficiais do mesmo, influenciando no valor do índice esclerométrico. Foi possível identificar que concretos com mesma resistência poderão apresentar diferentes índices esclerométricos, a depender do material empregado nas formas, especificamente na idade de 7 dias. Constatou-se que as superfícies dos concretos moldados em formas de aço apresentaram maiores valores de dureza para os mesmos níveis de resistência, seguidas das formas de madeira compensada e madeira de pinus, devido, possivelmente, as diferentes taxas de absorção e de hidratação nas primeiras idades do concreto. Foi possível observar também a perda da sensibilidade do ensaio na medida do aumento da resistência à compressão do concreto, mais especificamente a partir dos 40 MPa.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584, 2012. “Concreto endurecido” — *Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio*. Rio de Janeiro.

_____ NBR 5739, 2018. “Concreto” – *ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.

_____NBR 16605, 2017. “Cimento Portland e outros materiais em pó” — *Determinação da massa específica*. Rio de Janeiro.

CASTRO, A. L; ÂNGULO, S. C; BILESKY, P. C; SANTOS, R. F. C.; HAMASSAKI, L. T.; SILVA, E. 2009. “Métodos de ensaios não destrutivos para estruturas de concreto”. *TÉCHNE, Revista de Tecnologia da Construção*, Vol. 17, p. 56-60, São Paulo.

EVANGELISTA, A. C. J. 2002. *Avaliação da Resistência do Concreto Usando Diferentes Ensaios Não Destrutivos.* PhD thesys in Civil Engineering – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. 2008. “Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais”. *Revista IBRACON*,

NEVILLE, A. M.1997. *Propriedades do Concreto*. Pini. São Paulo

ISAIA, G. C. 2007. “Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais”. *Revista IBRACON*, Vol. 2. p. 1712, São Paulo.

PEREIRA, E.; MEDEIROS, M. H. F. 2012. “Pull Off test to evaluate the compressive strength of concrete: an alternative to Brazilian standard techniques”. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, Vol. 5, n. 6, p. 757-780.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO CONVENCIONAL POR RESÍDUO DE BLOCOS CERÂMICOS EM CONCRETOS EMPREGADOS EM PISOS

**Mariana Zucchi Vargas**
**Beatriz Schimelfenig**
**Francine Padilha**
**Natalia Smaniotto Bach**
**Cristina Vitorino da Silva**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
marianazv03@gmail.com, biaschimel@hotmail.com, francine.padilha1609@gmail.com, , natalia.smaniotto@hotmail.com, cristina@uricer.edu.br.

***Resumo**: O presente trabalho busca uma alternativa de reaproveitamento do resíduo de blocos cerâmicos gerado pelas olarias. Para tanto esse estudo procura avaliar teores de substituição de 0 %, 25 %, 50 % e 75 % do agregado graúdo convencional por resíduo de blocos cerâmicos em concretos empregados em pisos com classe de resistência de 25 MPa, onde a substituição foi feita em volume. Para estas análises foram empregados ensaios que avaliam as propriedades mecânicas (resistência à compressão e resistência à tração na flexão), além da análise de exsudação em estado fresco dos compósitos. Os resultados encontrados demonstram que com o aumento do teor de substituição do resíduo ocorre uma influência significativa na resistência à compressão e demais propriedades analisadas. Analisando em conjunto os dados obtidos no presente estudo sugere-se que o teor 25% é o mais indicado, dentre àqueles avaliados, para ser utilizado nos concretos empregados em pisos.*
***Palavras chaves:** Pisos de concreto, dureza superficial, dosagem, resíduos.*

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais tem levado à busca por alternativas de crescimento mais sustentáveis, como a reciclagem dos resíduos gerados na indústria da construção civil. A reciclagem desses resíduos tem se mostrado uma boa alternativa na redução do impacto causado pelo consumo desordenado de matéria-prima e pela redução das áreas de deposição, em virtude do grande volume de resíduos de construção gerados a cada ano, em todo o mundo.

Senisse (2015) realizou um estudo incorporando agregado reciclado cerâmico (AGRC) em concretos convencionais e observou uma relação direta entre as propriedades mecânicas e o aumento no teor de AGRC nas misturas. A autora justificou tal fato em função das características inerentes ao próprio agregado graúdo reciclado cerâmico, onde a porosidade elevada destes grãos possibilitou uma melhora das características da zona de transição do concreto estudado, assim permitindo uma migração de produtos aglomerantes para o interior do AGRC, majorando a sua resistência mecânica. No entanto, a mesma autora menciona a importância de novos estudos relacionados ao emprego desse resíduo como agregado graúdo em concretos.

Cabe salientar que quando a aplicação se refere a pisos de concreto, devem ser consideradas algumas propriedades, como a dureza superficial e as resistências mecânicas. Entretanto, tais propriedades acabam muitas vezes comprometidas, em decorrência de problemas vinculados ao projeto, à execução e à dosagem do concreto destas estruturas. Uma das metas principais da pesquisa será avaliar a influência da incorporação de resíduos de blocos cerâmicos em concretos dosados para pisos, frente a ensaios mecânicos e de exsudação, buscando o reaproveitamento desse resíduo com qualidade nos compósitos, a fim de minimizar a tendência ao aparecimento de manifestações patológicas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O concreto é um dos materiais mais utilizados em todo o mundo. Devido a sua elevada empregabilidade, este material está sujeito a deparar-se com diferentes situações, principalmente relacionadas à escolha de seus materiais

constituintes, o meio que está inserido e a natureza do elemento estrutural. Contudo, a interação inadequada entre estes parâmetros pode gerar diversos tipos de manifestações patológicas, as quais prejudicam severamente a durabilidade das estruturas.

Quando se trata de pisos de concreto, as presenças de manifestações patológicas são recorrentes, tal problemática pode estar relacionada, além de outros fatores, com o proporcionamento incorreto dos materiais constituintes do traço do concreto, gerando assim fissuras na estrutura (HSIE; TU; SONG, 2008).

Segundo o manual americano ACI 302.1R (ACI, 2004), direcionado para pisos de concreto, manifestações patológicas como a fissura e o empenamento (curling) das placas de concreto, podem ser causados pelas mudanças volumétricas decorrentes do fenômeno da retração. Segundo recomendações desse guia, este fenômeno ocorre até o momento em que não exista mais água, calor ou ambos para serem liberados para o ambiente externo. Além desse fator, a taxa de secagem destas estruturas nunca será a mesma em toda a sua espessura, permitindo com que haja variação na intensidade do fenômeno de retração.

Assim percebe-se que a presença da fissura nos pisos de concreto pode estar relacionada a diferentes fatores, tais como, propriedades dos materiais empregados e composição do traço de concreto entre outros fatores vinculados a projeto e execução.

Neste sentido a realização de esforços, visando, por exemplo, o correto proporcionamento dos materiais constituintes no concreto, com a finalidade de minimizar a tendência de fissuração devido ao fenômeno da retração é extremamente válido, uma vez que auxilia na manutenção da vida útil das estruturas (MEHTA; MONTEIRO, 2006).

## 3. METODOLOGIA

Através deste estudo avaliou-se a influência da substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo de resíduo de bloco cerâmico, em teores de 0%, 25%, 50% e 75%, em concretos empregados em pisos. Neste item será apresentado os materiais utilizados para a pesquisa, bem como, os ensaios realizados. A figura 1 apresenta um fluxograma com as variáveis de controle e respostas propostos pela pesquisa.

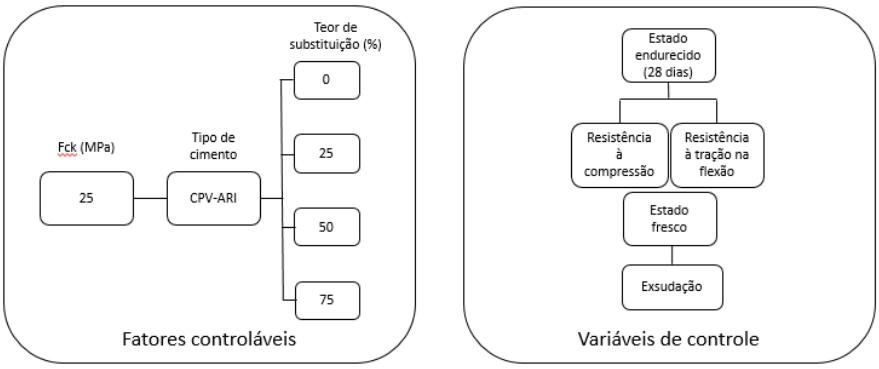



Figura 1 – Programa experimental

### 3.1 Caracterização dos materiais

3.1.1 Agregado miúdo

O agregado miúdo que será utilizado consiste em uma areia média quartzosa. O agregado miúdo foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas, sendo determinação da massa específica (NBR NM 52/2002), determinação da massa unitária (NM 45/1996), composição granulométrica (NBR NM 248/2003), dimensão máxima e módulo de finura e absorção de água (NBR NM 30/2001), apresentando respectivamente os resultados de 2,5g/cm³, 1,55g/cm³, 4,75mm, 2,4 e 0,6%.

3.1.2 Agregado graúdo

O agregado graúdo que será utilizado consiste em uma brita basáltica compreendida na zona granulométrica 9,5/25 mm. O agregado graúdo foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas, sendo determinação da massa unitária (NBR NM 45/2006), determinação da massa específica e absorção de água (NBR NM 53/2003) e composição granulométrica (NBR NM 248/2003), apresentando um resultado para o módulo de finura de 6,94, dimensão máxima igual a 25mm, massa especifica de 2,84g/cm³, massa unitária de 1,64g/cm³ e absorção de água de 1,43%.

3.1.3 Agregado de resíduo cerâmico

A redução de tamanho das cerâmicas pode ser realizada por processo de britagem ou moagem, dependendo da granulometria do material. São operações que consomem grande quantidade de energia e peças de desgaste, ou seja, são de custo elevado (GONÇALVES, 2011).

O agregado graúdo reciclado de cerâmica vermelha (ARCV) foi produzido a partir da britagem de rejeitos de blocos cerâmicos, os resíduos de blocos foram coletados de um mesmo lote. O beneficiamento do resíduo utilizado no trabalho foi feito com um britador de mandíbulas macro 050M014, conforme figura 1 (a). Após a britagem do resíduo foi efetuada a redução da amostra com separador mecânico com 12 calhas de iguais tamanhos (NBR NM 27/2001), figura 1 (b), possibilitando que as mesmas representassem o material na sua totalidade. O procedimento foi realizado no LAPATEC da URI – Campus de Erechim.

(a)

(b)

Figura 1 – Beneficiamento do ARCV: (a) Britador de mandíbulas; (b) separador de calhas

O ARCV foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas, sendo a determinação da composição granulométrica (NBR NM 248/2003), massa unitária (NBR NM 45/2006), massa específica e absorção de água (NBR NM 53/2009) e determinação do índice de forma (NBR 7809/2008). Apresentando um resultado para o módulo de finura de 6,58, dimensão máxima igual a 19mm, massa especifica de 2,45g/cm³, massa unitária de 1,03g/cm³ e absorção de água de 15,66%. Para determinação de índice de forma do material seguiu-se a NBR 7211 (ABNT, 2009), onde o mesmo apresentou um resultado de 2,47, sendo assim atendendo a recomendação normativa que estabelece que o índice de forma dos grãos dos agregados não deve ser superior a 3.

3.1.4 Cimentos

O cimento empregado nesta pesquisa foi o cimento Portland do tipo CPV-ARI. A opção por este cimento deu-se por o mesmo não apresentar qualquer tipo de adição além de fíler calcário. Seguindo as respectivas normas brasileiras NBR 16605 (ABNT, 2017) e NBR 11579 (ABNT, 2013), o material foi caracterizado apresentando uma massa especifica igual à 3,04g/cm³ e finura 1,91.

### 3.2 Dosagem experimental

O método de dosagem utilizado para este estudo foi o IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), onde os parâmetros utilizados foram a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, definido com base em especificações de projeto para pisos de concreto. Através deste método determinou-se experimentalmente um teor de argamassa de 54% como sendo o ideal. A Tabela 5 apresenta a dosagem experimental.

Tabela 5 – Resultados dosagem experimental

| Traço unitário (1:m) | Relação água/cimento | Resistência potencial - 28 dias (MPa) | Consumo de cimento (kg/m³) | H (%) | Abatimento (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 3,5 | 0,38 | 43,06 | 495,072 | 8,4 | 90 |
| 5 | 0,47 | 36,51 | 373,498 | 7,8 | 90 |
| 6,5 | 0,59 | 25,63 | 297,29 | 7,9 | 90 |

### 3.3 Moldagem dos corpos de prova

Para a moldagem dos corpos de prova (CP's) foi utilizado mesa vibratória para adensamento, após os mesmos foram cobertos por uma lona plástica durante as primeiras 24 horas, a fim de evitar a perda de água do concreto para o ambiente externo. Posteriormente, os corpos de prova foram desmoldados e mantidos em câmara úmida (UR ≥ 95% e temperatura de 23 ± 2ºC) até a realização dos ensaios. A regularização da superfície dos CP's foi feita por retificação.

### 3.4 Ensaios

3.4.1 Resistência à compressão uniaxial

O ensaio de resistência à compressão uniaxial seguiu a NBR 5739 (ABNT, 2007), onde foram moldados, e ensaiados aos 28 dias, corpos de provas cilíndricos com dimensão 100x200mm.

3.4.2 Resistência à tração na flexão

O ensaio de resistência à tração na flexão foi realizado conforme NBR 12142 (ABNT, 2010), onde foram moldadas placas de 100 mm de espessura em formas prismáticas confeccionadas com chapas de compensado plastificado nas dimensões de 250x500 mm.

3.4.3 Exsudação

O ensaio de exsudação foi realizado com o concreto no estado fresco, seguindo as prescrições da NBR 15558 (ABNT, 2008). Porém, o molde para confecção dos CP's foi em PVC, com dimensões reduzidas (200x150 mm), mas respeitando-se a relação entre diâmetro e altura proposta pela Norma. Durante o ensaio os corpos de prova permaneceram em câmara climatizada (UR 65 ± 10% e temperatura de 23 ± 2ºC).

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos para as propriedades avaliadas são apresentados e discutidos a seguir. Cabe salientar que os dados foram tratados estatisticamente através do método de análise de variância (ANOVA) de uma via seguida do teste post-hoc de Fischer, sendo as diferenças consideradas significativas quando o P<0,05.

### 4.1 Resistência à compressão uniaxial e resistência à tração na flexão

A tabela 6 apresenta os resultados médios obtidos para a resistência à compressão e à tração na flexão, onde podemos observar que todos os teores atenderam a classe de resistência de projeto que havia sido fixada em 25MPa.

Tabela 6: Resultados do ensaio de resistência à compressão e tração na flexão

| Teor de substituição (%) | Resistência à compressão | | | Resistência à tração na flexão | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Médias (MPa) | Desvio Padrão | CV (%) | Médias (MPa) | Desvio Padrão | CV (%) |
| 0 | 44,37 | 2,71 | 4,89 | 4,77 | 0,14 | 3,03 |
| 25 | 39,37 | 4,13 | 10,49 | 4,08 | 0,06 | 1,47 |
| 50 | 29,47 | 2,25 | 7,63 | 3,97 | 0,11 | 2,89 |
| 75 | 29,06 | 2,05 | 7,04 | 3,93 | 0,315 | 8 |

A figura 3 apresenta o efeito significativo (P<0,001) do teor de substituição de resíduo cerâmico na resistência à compressão uniaxial dos concretos estudados.

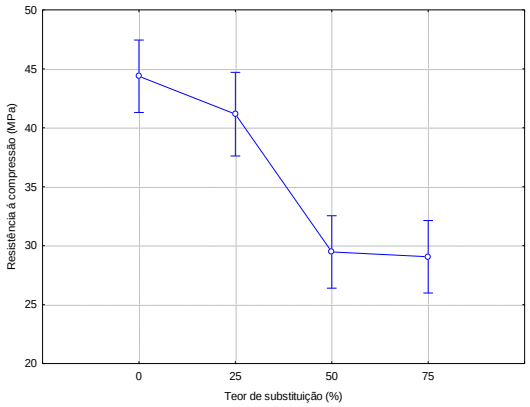



Figura 3 - Efeito do teor de substituição na resistência à compressão uniaxial do concreto.

Através da análise da figura 3 pode-se observar que dentre os teores de substituição o que obteve melhor desempenho foi o teor de 25%, onde o mesmo apresentou ser estatisticamente igual ao referência (0% de substituição), conforme observado pelo teste de Fischer. Os teores de 50% e 75% de substituição apresentaram uma perda de carga significativa, cerca de 33,58% e 34,5%, respectivamente, comparados com o traço de referência.

Segundo Leite (2001), em relação ao agregado graúdo reciclado, sua maior porosidade e baixa resistência são fatores preponderantes para redução da resistência mecânica dos compósitos. Onde o acréscimo no percentual de substituição do resíduo promove reduções importantes nessa propriedade. Senisse (2015), também relata uma diminuição significativa na resistência à compressão para corpos de prova com substituições acima de 50% de resíduo. Cabe salientar que a substituição de 25% apresenta um bom desempenho em relação à resistência à compressão, conforme verifica-se na figura 3.

A figura 4 apresenta a resistência à tração na flexão dos concretos em função do teor de substituição do resíduo cerâmico.

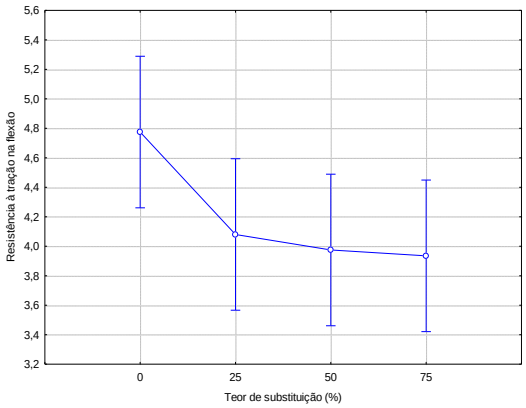



Figura 4: Efeito do teor de substituição na tração na flexão do concreto

Pode-se verificar que o acréscimo nos teores de resíduo acarreta em uma tendência de queda nessa resistência, conforme já discutido anteriormente para a resistência à compressão. Destaca-se que o efeito do teor de substituição promoveu influência estatística significativa na resistência à tração na flexão ($P<0,05$), onde o teor de referência se mostrou estatisticamente igual ao teor de substituição de 25% e diferente dos demais 50% e 75%, mostrando um decréscimo de 16,78% e 17,61%, respectivamente.

### 4.2 Exsudação

Segundo Rodrigues (2010), o controle da exsudação está relacionado às técnicas de dosagem, como o ajuste de materiais finos, a curva granulométrica dos agregados e o controle no uso de aditivos; normalmente para pisos, o percentual de exsudação não deve exceder a 4%. No entanto, podemos verificar na figura 7 que os traços com maior percentual de substituição de resíduo (50% e 75%) ultrapassaram o limite recomendado.

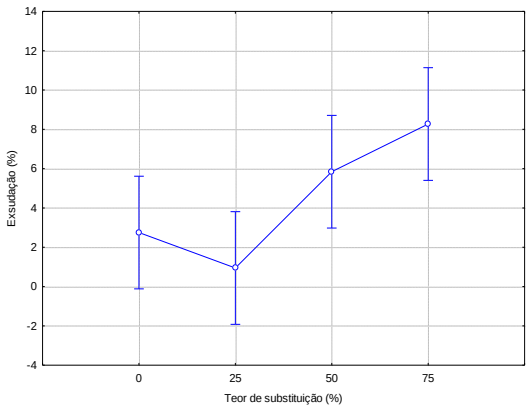



Figura 7 - Efeito do teor de substituição na exsudação do concreto.

Através da análise estatística foi observada a influência significativa do teor de substituição de resíduo na exsudação ($P<0,05$). Verificou-se que os teores de 25% e 50% se mostraram estatisticamente iguais ao de referência, entretanto, os mesmos são diferentes entre si (teste de Fischer). O teor de 75% foi o que apresentou pior desempenho, se mostrando estatisticamente diferente dos demais teores, com cerca de 5,57% de aumento na exsudação quando comparado ao referência. Esse fato pode estar relacionado ao processo de saturação de água dos poros dos agregados reciclados, onde os maiores teores de substituição promoveram um acréscimo na liberação de água para a matriz durante a fase plástica das misturas, o que ocasionou em maiores percentuais de água exsudada.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou avaliar a influência de diferentes teores de substituição de resíduo de blocos cerâmicos em comparação com o agregado graúdo natural no comportamento mecânico e de durabilidade de concretos empregados em pisos. Buscou-se como objetivo analisar as propriedades dos compósitos com os diferentes teores de resíduo

empregados, sendo estas propriedades exsudação em estado fresco, resistência à compressão uniaxial e resistência à tração na flexão.

Para a resistência à compressão e resistência à tração pode-se observar um mesmo comportamento, onde conforme aumenta-se o teor de substituição há uma redução na resistência, entretanto podemos verificar que o teor de 25% se mostrou estatisticamente igual ao referência, mostrando um bom desempenho nesta propriedade, o resultado já era esperando tendo em vista que o material cerâmico utilizado apresenta menor resistência se comparado com o agregado natural.

Através do ensaio de exsudação verifica-se que os teores com maior percentual de substituição (50% e 75%) tiveram uma exsudação acima do limite recomendando. O percentual de 25% ficou estatisticamente igual ao 0%, apresentando um bom desempenho.

Portanto, através das análises feitas nesse estudo, pode-se verificar um bom desempenho em relação ao teor de substituição de 25%, onde o mesmo se mostrou estatisticamente igual ao referência nas propriedades avaliadas. Somando-se a isto, de forma geral, tal teor parece ser o de maior potencial para aplicação em concretos empregados em pisos, atendendo todas os valores recomendados para as propriedades ensaiadas.

## 6. REFERÊNCIAS

ACI Committee 302. ACI 302.1R-04 – Guide for concrete floor and slab construction. American Concrete Institute. Farmington Hills, Michigan, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: Agregados: Redução da amostra de campo para ensaios laboratório.

_____. NBR NM 30: Agregado miúdo: Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR NM 45: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo: Determinação da massa especifica e massa especifica aparente. Rio de janeiro, 2003.

_____. NBR NM 53: Agregado graúdo: Determinação da massa especifica, massa especifica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 248: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 7211: Agregados para concretos: Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 7809: Agregados graúdo: Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica: ABNT, 2017

GONÇALVES, M. S. Análise da Viabilidade Técnica de Utilização de Resíduos de Concreto Oriundos da Pré-Fabricação como Agregado Graúdo para a Produção de Novos Concretos. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, 2011.

HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: PINI, 1992.

HSIE, M.; TU, C.; SONG, P. S. Mechanical properties of polypropylene hybrid fiber-reinforced concrete. Materiais science and Engineering A, v 494, n. 1-2, p. 153-157, out. 2008.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduaçao em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

RODRIGUES, P. P. F. Manual de Pisos Industriais: Fibras de Aço e Protendido. São Paulo: Pini, 2010.

SENISSE, J. A. L. Estudo do efeito do agregado cerâmico com diferentes porosidades no comportamento mecânico e de retração livre e restringida de concretos, visando o uso de resíduos de construção e demolição como agente de cura interna. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

## 7. AGRADECIMENTOS

Este trabalho recebeu apoio do PIIC-URI.

## 8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso nesse artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE TELAS UTILIZADAS COMO REFORÇO EM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA DE FACHADA MEDIANTE A ESFORÇOS DE TRAÇÃO

**Mariana Zucchi Vargas**
**Francine Padilha**
**Beatriz Schimelfenig**
**Jonas Demoliner Bordin**
**Cristina Vitorino da Silva**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Bairro Demoliner, Erechim-RS, 99704-380.
marianazv03@gmail.com, francine.padilha1609@gmail.com, biaschimel@hotmail.com, jonas.bordin@hotmail.com, cristina@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O uso de telas em revestimentos de fachadas, no Brasil, é recomendado com o intuito de aumentar a resistência à tração da argamassa e reduzir possíveis manifestações patológicas. Com o objetivo de avaliar a influência do uso de diferentes telas como reforço de argamassa de fachada, em busca da que proporciona o melhor desempenho, foram utilizados três diferentes modelos de telas (do tipo eletrosoldada, hexagonal e de polietileno de alta densidade - PEAD) e corpos de prova prismáticos de 200x500 mm (para a realização do ensaio de tração na flexão de 4 pontos, avaliando o comportamento tela x argamassa). As amostras das telas foram inseridas a 15, 25 e 30 mm da base para um corpo de prova com espessura de 50 mm. Dentre os resultados, a tela metálica eletrosoldada galvanizada, de malha quadrada 25x25 mm e fio de 1,24 mm, apresentou melhor desempenho, caracterizando-se como a melhor opção no mercado para reforço de revestimentos argamassados de fachadas. A posição das telas no revestimento não causou alteração nos resultados.*

***Palavras-chave:*** *Reforço de argamassa, revestimento de argamassa, ensaio de tração na flexão.*

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o revestimento de argamassas em fachadas, método mais utilizado no ramo da construção civil no país, vem apresentando diversos problemas, principalmente relacionados à manifestações patológicas. Com o intuito de reduzir tais manifestações, dentre elas, fissuras por movimentação térmica diferencial e descolamentos em placas, pode-se fazer uso de telas metálicas, plásticas ou de fibras como reforço de argamassa.

A ideia da utilização de telas com o intuito de incrementar o reforço de revestimentos argamassados é uma técnica ainda pouco desenvolvida no Brasil e, muitas vezes, desconhecida pelos projetistas, sendo que a única norma Brasileira que identifica um tipo de material a ser utilizado para essa finalidade é a NBR 13755 (ABNT, 1997), em nota: "Sempre que a espessura necessária avaliada conforme 5.2.6 for maior do que 25 mm, deve ser inserida uma tela metálica soldada, constituída de fio com diâmetro igual ou maior do que 2 mm e malha com abertura quadrada de 5 cm por 5 cm, inserida na camada de argamassa de regularização ou no emboço, e ancorada na estrutura-suporte. O posicionamento da tela deve ser estudado caso a caso, garantindo cobrimento adequado, visando protegê-la de possível corrosão."

O objetivo do trabalho é ensaiar três modelos de telas, mais usuais no mercado, a fim de avaliar qual apresentará melhor desempenho quando utilizada como reforço em revestimentos argamassados através do ensaio de tração na flexão, imergindo cada tela em diferentes posições na camada de argamassa.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A crescente verticalização das cidades torna os edifícios mais altos e com isso mais flexíveis, fazendo com que os revestimentos externos trabalhem de forma diversificada. Com isso surgem inúmeras manifestações patológicas causadas por falhas de projeto e de execução. Contudo, para prevenir manifestações patológicas deve haver a compatibilidade dos sistemas que compõe a edificação, sendo os detalhes construtivos avaliados na fase de projeto e não adotados como soluções isoladas durante a fase de execução (GOMES *et al*., 2003).

A fissuração é uma manifestação patológica que pode indicar um aviso de um estado perigoso ou o comprometimento da durabilidade da obra, assim provocando o mal estar dos usuários da edificação quanto a inseguranças devido à estabilidade da mesma (JÂCOME e MARTINS, 2005). Outra manifestação patológica é o descolamento em placas, a mesma está ligada a não utilização do reforço da argamassa, podendo ocorrer quando se executa o revestimento com espessuras superiores a 20 mm, uma vez que a geração de elevadas tensões entre a base e o revestimento, causada pela retenção natural, pode gerar os descolamentos (BAUER, 2010).

Os revestimentos argamassados podem ser executados de dois modos: Camada única ou Duas camadas. De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 2013) revestimento de camada única é dado por um único tipo de argamassa aplicado sobre a base de revestimento, em uma ou mais demãos. Já o revestimento de duas camadas é composto por emboço e reboco aplicados sobre a base ou substrato.

Segundo o Manual de Revestimento de Argamassa produzido pela Associação Brasileira de Cimento Portland (2002), as principais propriedades que uma argamassa deve apresentar para cumprir com as suas funções são: capacidade de aderência, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações, estanqueidade, propriedades de superfície e durabilidade.

Conforme a norma NBR 13529 (ABNT, 2013) o termo tela é definido como "Malha formada por fios de aço galvanizado ou de outro material, com resistência à alcalinidade e à oxidação, empregada como reforço para fixação ou controle da fissuração do revestimento". Onde a principal função da tela é coibir a retração do revestimento argamassado, além de suportar o peso próprio de todas as camadas a partir do chapisco e, é indispensável, quando uma das camadas for uma impermeabilização ou um isolamento térmico. A tela recomendada pela norma NBR 13755 (ABNT, 1997) é a tela metálica soldada de fio igual ou superior a 2 mm e malha de 50x50 mm, entreposta na camada de argamassa. Seu posicionamento deve ser estudado para cada caso, a fim de se obter o cobrimento adequado para a proteção contra a corrosão. Também, indica-se para os casos onde não se encontra a tela especificada pela normativa, que comprovando sua resistência, é possível utilizar outra tela com malha e diâmetro diferentes.

## 3. METODOLOGIA

A organização do estudo proposto baseou-se em trabalhar primeiramente com fatores controláveis, para posteriormente, avaliar a influência de cada um destes fatores nas variáveis de resposta, conforme o esquema abaixo, nomeado Fig. 1.

Figura 1. Programa experimental

### 3.1 Materiais utilizados

#### *3.1.1 Argamassa*

A argamassa utilizada é a industrializada para revestimento de fachada com fibra, fornecida em sacos de 25 kg, e suas características, segundo o fabricante, são apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1. Características da argamassa industrializada com fibra (segundo o fabricante).

| **Características** | **Norma** | |
|---|---|---|
| Resistência à compressão | NBR 13279 | 4,0 a 6,5 MPa |
| Densidade de massa aparente no estado endurecido | NBR 13280 | 1600 a 2000 kg/m³ |
| Densidade de massa aparente no estado fresco | NBR 13278 | 1600 a 2000 kg/m³ |
| Retenção de água | NBR 13277 | 80 a 90% |
| Resistência potencial de aderência à tração | NBR 15258 | > 0,30 MPa |

*3.1.2 Telas*

As telas utilizadas foram doadas pelos fabricantes das mesmas. Abaixo serão apresentadas suas propriedades.

*3.1.2.1 Tela Eletrosoldada*

A tela eletrosoldada galvanizada, apresentada na Fig. 2, possui arames de bitola de 1,24 mm, malha de 25x25 mm, correspondendo a uma taxa de aço de 0,776 kg por m², segundo fabricante. A comercialização desta tela é feita em rolos de 25 m de extensão e altura de 50 cm, apresentando maior versatilidade de aplicação.

Figura 2. Tela Eletrosoldada

*3.1.2.2 Tela Hexagonal*

A tela hexagonal tipo pinteiro, apresentada na Fig. 3, possui abertura de malha de 1'', diâmetro de fio de 0,71 mm com camada leve de zinco. A comercialização é feita em rolos de 50 m de comprimento e altura de 1,0 ou 1,5 metros.

Figura 3. Tela Hexagonal

*3.1.2.3 Tela PEAD*

A tela extrusada de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), apresentada na Fig. 4, possui abertura de malha de 13 mm, diâmetro de fio de 0,40 mm e é comercializada em rolos com altura de 1,0 metro e comprimento de 50 m.

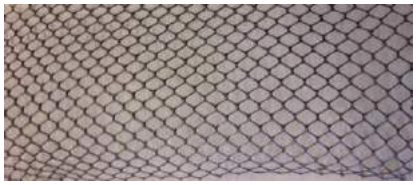


Figura 4. Tela PEAD

**3.2 Ensaio de tração na flexão**

Este ensaio serve para avaliar o desempenho do revestimento de argamassa reforçado com tela. Representando o esforço de tensão de tração na flexão, foi realizado o ensaio proposto por Antunes *et al*. (2014), que adota o ensaio de tração na flexão em 4 pontos, baseado no ensaio utilizado para caracterização do concreto, descrito na NBR 12142

(ABNT, 2010). Para esse ensaio foram avaliados quatro corpos de prova para cada tipo de tela e posição, conforme recomendado por Antunes *et al*. (2014). Os corpos de prova utilizados eram de 200x500x50 mm.

Para o desenvolvimento dos corpos de prova foram cortadas 12 amostras de cada tela com 200x500 mm, às quais foram inseridas na metade da camada, e também a 15 mm e 30 mm em relação a base do corpo de prova. Após a preparação das formas, depositou-se a primeira camada de argamassa e realizou-se 8 golpes com martelo de borracha nos quatro cantos da forma, com o intuito de adensar. Feito isso, posicionou-se a tela. Após, repetiu-se o processo de aplicação da argamassa com os golpes de martelo de borracha. Finalmente, realizou-se a regularização superficial do material com auxílio de régua metálica.

Após moldados os corpos de prova, os mesmos foram armazenados em câmara climatizada (temperatura de 23 ± 2º C e umidade relativa de 65 ± 5%), e desformados após 72h.

Para avaliar a capacidade do corpo de prova de resistir à ruptura quando submetido ao esforço de tração na flexão, segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005) adotou-se a velocidade de carregamento de 0,005 KN por segundo.

## 4. RESULTADOS

Na Tab. 2 são apresentadas as médias dos resultados do ensaio, após os 28 dias da moldagem dos corpos de prova.

Tabela 2**.** Característica da argamassa armada quanto à tração na flexão.

| Tela | Posição (cm) | Carga de ruptura média (N) | Tensão de tração na flexão média (MPa) | DP | CV |
|---|---|---|---|---|---|
| Eletrosoldada | 1,5 | 1953,40 | 1,76 | 0,004 | 0,25 |
| Eletrosoldada | 2,5 | 1828,65 | 1,44 | 0,46 | 32,01 |
| Eletrosoldada | 3,0 | 1909,45 | 1,79 | 0,16 | 8,92 |
| Hexagonal | 1,5 | 1396,27 | 1,26 | 0,07 | 5,28 |
| Hexagonal | 2,5 | 1305,63 | 1,18 | 0,28 | 23,49 |
| Hexagonal | 3,0 | 1276,10 | 1,15 | 0,12 | 10,80 |
| PEAD | 1,5 | 1456,33 | 1,31 | 0,16 | 12,40 |
| PEAD | 2,5 | 1296,15 | 1,17 | 0,01 | 0,69 |
| PEAD | 3,0 | 1533,25 | 1,38 | 0,19 | 14,00 |
| Referência | - | 1658,15 | 1,49 | 0,28 | 19,01 |

DP: Desvio Padrão CV: Coeficiente de Variação

De acordo com os resultados, os corpos de prova reforçados com tela eletrosoldada apresentaram maiores valores em comparação aos resultados oriundos dos corpos de prova das telas hexagonal e do tipo PEAD. A tela eletrosoldada mostra seu melhor resultado quando colocada mais afastada do substrato, gerando uma resistência à tração na flexão média de 1,79 MPa, desvio padrão de 0,16 MPa e um coeficiente de variação igual a 8,92%. Este resultado comprova um aumento de 20% na resistência, em relação ao corpo de prova de referência, que não possui a tela como reforço na argamassa.

Os resultados foram também analisados estatisticamente no ANOVA e através do método de Fischer, com o objetivo de verificar se existem diferenças significativas entre os valores encontrados e a posição das telas nos corpos de prova, sendo as mesmas caracterizadas significantes quando o p (nível de significância) for inferior a 0,05.

No ANOVA, como mostrado na Fig. 5, os diferentes tipos de telas apresentaram um efeito significativo (p=0,001) quando submetidos aos ensaios de tração na flexão, já a posição utilizada não teve significância no estudo em questão (p=0,182). Na análise realizada pelo método de Fischer, que permite uma interação entre as telas, apenas a eletrosoldada se destacou entre as demais ensaiadas, sendo estas últimas, estatisticamente iguais quando utilizadas no reforço da argamassa, como apresentado na Tab.3.

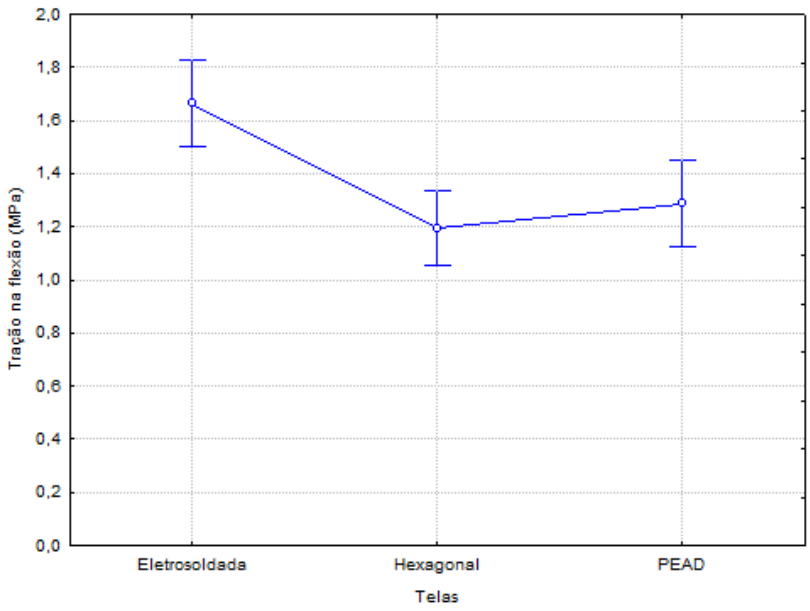



Figura 5. Comparação entre as telas utilizadas no ensaio de tração na flexão

Tabela 3. Resultados da interação das telas pelo teste de Fisher.

| Tela | Eletrosoldada | Hexagonal | PEAD |
|---|---|---|---|
| Eletrosoldada | - | 0,000232 (S) | 0,002304 (S) |
| Hexagonal | 0,000232 (S) | - | 0,352152 (NS) |
| PEAD | 0,002304 (S) | 0,352152 (NS) | - |

(S) valor significativo (NS) valor não-significativo Se p<5%: valor significativo

Por fim, através da ANOVA, foram analisados estatisticamente os resultados de tensão de tração na flexão, obtidos para a argamassa reforçada com tela e sua referência, sem o uso do reforço. Como resultado, conforme a Fig. 6, pode-se observar que apenas a tela eletrosoldada teve um aumento de resistência significativo em relação à referência e as outras telas utilizadas. De acordo com Pozzobon *et al*. (2014), a tela eletrosoldada é uma tela rígida, sendo que os esforços gerados pela movimentação do revestimento precisam ser muito elevados para que ocorra o surgimento de fissuras

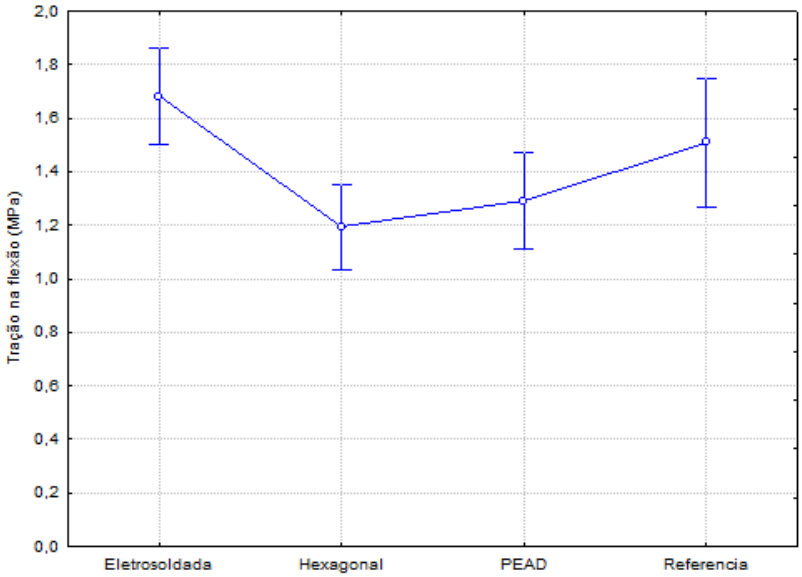



Figura 6. Comparação entre os tipos de reforços utilizados no ensaio de tração na flexão.

## 5. CONCLUSÃO

A partir do ensaio efetuado de tração na flexão, pode-se concluir que a tela eletrosoldada apresentou um aumento de 20% na resistência a tração na flexão do revestimento argamassado, mostrando ser uma boa opção de reforço para revestimentos argamassados de fachadas. Já a tela hexagonal, apresentou uma redução de 15,44% na resistência de tração na flexão, mostrando-se incapaz de suportar os esforços solicitados pelo revestimento, como já observado por Pozzobon *et. al*. (2014). A tela PEAD apresentou uma redução de 7,38% na resistência de tração na flexão.

A posição da tela como incremento no reforço do revestimento argamassado não apresentou diferenças significativas nos resultados adquiridos, concluindo assim, que a posição da mesma não interferiu na tensão de tração na flexão.

Tendo em vista a importância do reforço do revestimento argamassado, a fim de diminuir ou até mesmo evitar possíveis manifestações patológicas, esse estudo incentiva a realização dos ensaios aqui propostos, com o intuito de conhecer e caracterizar o material a ser usado no reforço, antes mesmo de utilizá-lo propriamente, somando-se então a ideia do grande uso de diferentes materiais em outros países e que logo poderão surgir no Brasil.

## 6. REFERÊNCIAS

ANTUNES, G. R.; MASUERO, A. B.; MAÇANEIRO, M. N. Avaliação do desempenho de argamassa reforçada com tela metálica através do ensaio de tração na flexão. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XV. 2014, Maceió. Anais... Maceió: ENTAC, 2014. p. 1753-1762.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Manual de Revestimento de Argamassa, 2002.

_____. NBR 12142: Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010

_____. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

BAUER, R. J. F. Falhas em revestimentos. In: L. A. Falcão Bauer. (Org.). Materiais de construção. 5ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010, v. 2, p. 903-945.

GOMES, A. de O.; NEVES, C. M. M. Projeto de execução do sistema de revestimento: uma contribuição prática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5. 2003, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, 2003. p. 95-110.

JÂCOME, C. C.; MARTINS, J. G. Identificação e tratamento de patologias em edifícios. Monografia, Universidade Fernando Pessoa. 1ª edição, 2005.

POZZOBON, M. A.; ROVEDDER, A. C. Verificação das características de revestimentos argamassados reforçados com telas metálicas frente a esforços de tração. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTIFICA & TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, XXVI. 2014, Alegrete. Anais... Alegrete: CRICTE, 2014. p. 343.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso nesse artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET) SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

**Milena Fabiani Pinto**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
milenafabiani@outlook.com

**Cristina Vitorino da Silva**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
cristina@uricer.edu.br

**Beatriz Schimelfenig**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
biaschimel@hotmail.com

**Janaina Giaretton**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
janainagiaretton@gmail.com

***Resumo.*** *O concreto de alta resistência (CAR) apresenta uma microestrutura mais densa, devido à baixa relação água/cimento, presença de adições minerais e elevado consumo de cimento, dessa forma, sua matriz torna-se menos permeável e mais resistente. Essas particularidades que o fazem tão vantajoso também trazem prejuízos, uma vez que o concreto torna-se mais suscetível ao desenvolvimento de fissuração frágil se comparado ao concreto convencional. Quando exposto a altas temperaturas, o compósito tende a sofrer alterações físicas, químicas e mecânicas que comprometem a estabilidade e a resistência mecânica dos elementos estruturais. Nesse contexto, será agregado ao CAR (fck de 55 MPa), fibras de Politereftalato de Etileno (PET), com o intuito de retardar o risco de colapso da estrutura pela formação de uma rede de canais que facilitam a fuga do vapor d´água, reduzindo a poro-pressão no interior do elemento estrutural. Através do ensaio de resistência a compressão de corpos de prova submetidos a diferentes temperaturas e tempos de exposição, sem e com adição (teor fixo de 0,5 %), concluiu-se que o valor da resistência à compressão do concreto decresce a medida que ocorre aumento da temperatura e do tempo de exposição. Por outro lado, a adição elimina os danos apresentados pelos CP's sem fibra nos corpos-de-prova sujeitos a 400 ºC e 800 ºC, indicando que o derretimento do PET aumentou a porosidade do material e minimizou os danos causados pela poro-pressão, sendo uma alternativa eficiente para redução do fenômeno spalling, além de contribuir para o reaproveitamento de resíduos por meio da redução do descarte inadequado deste material que ocasionaria impactos ambientais.*

***Palavras chave:*** *Concreto de Alta Resistência, Lascamento explosivo (spalling), Fibras de Politereftalato de Etileno.*

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto como material estrutural veio paulatinamente desenvolvendo-se até tornar-se o produto mais consumido pela construção civil. As vantagens associadas ao uso do material bem como a facilidade de adaptação a diferentes ambientes e situações, tornam o produto atrativo ao consumo. Dentre suas principais propriedades pode-se destacar a versatilidade, durabilidade e capacidade de desempenho, responsável pela garantia da vida útil dos elementos.

Ainda que a maior parte das obras utilize concretos de resistências convencionais, alterações nas dosagem são feitas para a produção de características especiais, voltadas para novas tecnologias no concreto. A incorporação seja de aditivos, adições minerais, fibras ou técnicas diferenciadas, permitiu o surgimento de concretos designados por ISAIA (2011), de "última geração".

Estes concretos passaram a ser denominados de Concretos de Alta Resistência (CAR), pois as vantagens oferecidas por estes materiais iam muito além de uma elevada resistência à compressão, uma vez que são dotados de um comportamento adequado quanto à durabilidade, resistência à abrasão e ao impacto, resistência à corrosão química e mecânica, apresentando ainda baixa retração e fluência, bem como ausência de segregação e exsudação, entre outras propriedades atraentes (LIMA, 2005).

De acordo com Isaia (2011), para se obter um Concreto de Alta Resistência é preciso incorporar aditivos químicos, adições minerais e agregados de melhor qualidade ao concreto convencional, além de se observar as normas em vigência para garantir segurança ao usuário e economia, de modo que se previnam ou adiem as intervenções de correção e/ou manutenção nas edificações.

No entanto, a ocorrência de uma catástrofe natural é imprevisível, e dependendo do grau de intensidade do incidente afeta significativamente a vida útil de uma edificação. Essa interferência, geralmente devido a brusca solicitação imposta, pode ocorrer em maior ou menor escala dependendo das condições iniciais da estrutura da edificação. Como exemplos dessas ocorrências podem ser citados os incêndios, as inundações, os sismos e a ação do vento. No Brasil, os acidentes mais comuns e mais graves são devidos a ação do vento e aos incêndios (SOUZA; RIPPER, 1998).

Desde o início dos anos 90, muitos pesquisadores e profissionais passaram a levantar questionamentos sobre o comportamento do Concreto de Alta Resistência na situação de um incêndio, justamente em função da microestrutura muito compacta, que dificulta a liberação do vapor e, consequentemente, o alívio de pressão (LIMA, 2005).

Sob efeito de condições térmicas extremas, a alta densidade e baixo volume de vazios tornam a matriz densificada, o que colabora para o aumento da sensibilidade do material. Se a permeabilidade da pasta de cimento for baixa e a taxa de aquecimento for elevada, a presença de grande quantidade de água evaporável presente na matriz pode causar danos ao concreto. Estes danos manifestam-se sob a forma de lascamentos superficiais, ocasionados pela pressão de vapor formada no interior do material (MENESES, 2011).

A busca de materiais que, quando adicionados ao concreto, proporcionem melhorias em propriedades específicas vem sendo amplamente pesquisada nas últimas décadas. Como por exemplo o uso das fibras para correção dos efeitos causados no concreto exposto as altas temperaturas. De acordo com Nince (2006), o uso de fibras de baixo ponto de fusão diminui o risco de lascamento do concreto através da formação de uma rede de vazios e canais que permitem a dissipação da pressão de vapor, diminuindo, consequentemente as tensões de tração internas.

Sob essa perspectiva, espera-se que o Concreto de Alta Resistência associado a adição de fibra de PET, seja capaz de contribuir para o reaproveitamento de resíduos e reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte indevido do PET pós-consumo; bem como minimize os efeitos de lascamento explosivo *(spalling)*, colaborando para a segurança estrutural dos elementos expostos a altas temperaturas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A utilização do concreto enquanto material estrutural deve-se a suas propriedades mecânicas, principalmente pela resistência à compressão, parâmetro que serve de referência para sua classificação. De acordo com a Norma Brasileira NBR 8953 (ABNT, 2015), a Classe I, compreende concretos de até 50 MPa e Classe II, concretos com resistências maiores que 50 MPa, podendo ser este valor considerado o limite entre concreto convencional e de alta resistência no Brasil.

Tão eficiente à temperatura ambiente, o CAR pode apresentar um desempenho inferior na comparação com os concretos tradicionais quando submetidos a altas temperaturas. A principal característica responsável pelo comportamento do CAR perante condições térmicas extremas, é a sua matriz compacta. A justificativa para esta suposição fundamenta-se no acréscimo de pressão que acontece dentro dos poros do concreto, em função da evaporação da água presente na matriz cimentícia com o calor, e às tensões geradas nos materiais constituintes pelos gradientes de deformações térmicas (LIMA, 2005).

A deficiência dos concretos de alta resistência, sob o ponto de vista do incêndio, é uma motivação para estudos e descobertas de novas adições que minimizem ou neutralizem essas imperfeições do material. Figueiredo (2005) expôs em seu estudo que a adição de fibras em uma matriz cimentícia pode ocasionar pelo menos dois efeitos importantes nesse sentido. O primeiro relaciona-se com o reforço do compósito sobre os carregamentos de tração, sejam de tração indireta, flexão ou cisalhamento e, secundariamente, as fibras atuam no sentido de melhorar a ductilidade e tenacidade de uma matriz com características frágeis.

De acordo com Costa. et al. (2002), as pesquisas em torno do assunto tem apresentado como alternativa eficaz a adição de fibras de polipropileno à pasta de cimento, devido ao fato de que, quando a peça estrutural é submetida a aquecimento, as fibras constituintes da matriz derretem e criam sulcos interligados que possibilitam a liberação do vapor d'água. De uma forma geral, o concreto torna-se mais poroso com a fusão de determinadas fibras, aumentando a resistência à tração e reduzindo as fissuras de retração plástica no material.

Em meio a tantos problemas relacionados a sustentabilidade ambiental, é de extrema importância que as pesquisas voltem-se à reutilização e diminuição de resíduos. A escolha da fibra de PET como elemento de reforço da matriz do concreto, com a possibilidade de melhorar as propriedades da mesma, torna-se bastante atraente, além de tratar-se de um material reciclável, de baixo custo e abundante no meio. Assim, alia-se o benefício ambiental a uma melhoria de um material importantíssimo nas obras de construção civil.

### 2.1 Fissuração e lascamento do concreto *(spalling)*

As condições térmicas extremas podem provocar desplacamentos no concreto, sendo este fenômeno de lascamento conhecido como *spalling*. Segundo Nince (2006), o fenômeno de lascamento no concreto está relacionado a fatores internos e externos. O primeiro associa-se como a distribuição/tamanho dos poros, relação a/c, incompatibilidade térmica entre agregado/pasta, existência de partículas finas e/ou ultrafinas, o grau de hidratação, o grau de saturação, enquanto o segundo relaciona-se como a taxa de aquecimento, temperatura máxima, tempo de exposição, tipo de exposição, umidade do ambiente, carregamento, condições de ensaio, tipo de resfriamento (gradual ou instantâneo), dimensão, espessura, forma do elemento estrutural, e concentração de tensões térmicas desenvolvidas durante o aquecimento, que confluem para as camadas próximas aos cantos do elemento.

Segundo Figueiredo e Nince (2008) os mecanismos encontrados na literatura que tentam explicar o lascamento são três: pressão de vapor nos poros do concreto; tensões térmicas; e tensões térmicas associadas a pressão de vapor nos poros. A ação combinada da pressão de vapor nos poros e das tensões térmicas induz o desenvolvimento de fissuras paralelas à superfície, quando a tensão resultante ultrapassa a resistência à tração. Tudo isto é acompanhado por uma repentina liberação de energia e uma violenta ruptura da superfície exposta. Em suma, Figueiredo e Nince (2008) expõem que a pressão de vapor nos poros, associada as tensões térmicas, ambas influenciadas pelo carregamento externo, agem isoladamente ou combinadas entre si dependendo do tamanho da seção, do tipo de concreto e da umidade.

## 3. METODOLOGIA

O programa experimental, demonstrado na Fig. 1, foi elaborado de modo que se trabalhasse com fatores controláveis e variáveis para, posteriormente, analisar a influência de cada um deles nas variáveis de resposta.

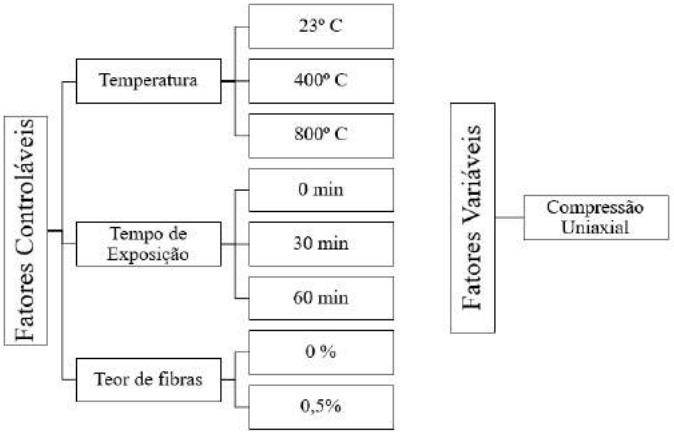



Figura 1. Programa experimental

### 3.1 Materiais utilizados

A caracterização dos materiais foi obtida segundo suas respectivas normas, sendo eles:

a) Cimento tipo CP V – ARI, com massa específica (ρ) de 3,04 g/cm³;
b) Agregado miúdo é uma areia média de origem quartzosa natural, com dimensão máxima característica igual a 4,75 mm, módulo de finura igual a 2,40 e massa específica (ρ) de 2,50 g/cm³;
c) Agregado graúdo é de origem basáltica, comumente conhecido como brita 1, com as seguintes características: dimensão máxima característica de 25 mm, modulo de finura igual a 6,94 e massa específica (ρ) correspondente a 2,84 g/cm³;
d) Aditivo químico é um superplastificante líquido;
e) Sílica ativa, cuja massa específica (ρ) utilizada é de 2,22 g/cm³.
f) Fibras de PET com dimensão de aproximadamente 2 mm de espessura e 15 mm de comprimento, e massa específica (ρ) correspondente a 1,38 g/cm³.
g) Água proveniente do abastecimento local do munícipio de Erechim/RS.

### 3.2 Dosagem experimental

O método de dosagem utilizado para esta pesquisa foi a do IPT/EPUSP modificado, desenvolvido para Concretos de Alta Resistência, sendo especificado um abatimento de tronco de cone de 130 ± 20 mm e resistência à compressão aos 28 dias da ordem de 55 MPa. Os resultados obtidos na dosagem são apresentados na Tab. 1.

Tabela 1. Dosagem do concreto

| Traço | α | Traço unitário | | | | a/c | Abatimento (mm) | Aditivo (%) | Cimento (Kg/m³) | H (%) | Resistência Fcj (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | c | a | p | sa | | | | | | |
| **1:2** | 0,50 | 0,9 | 0,50 | 1,50 | 0,10 | 0,20 | 150 | 1,28 | 790,972 | 0,065 | 68,70 |
| **1:3,5** | | 0,9 | 1,25 | 2,25 | 0,10 | 0,29 | 130 | 0,86 | 519,251 | 0,065 | 63,90 |
| **1:5** | | 0,9 | 2,00 | 3,00 | 0,10 | 0,39 | 150 | 0,79 | 386,483 | 0,065 | 65,26 |

Ambos os traços avaliados na dosagem atenderam a resistência estipulada, no entanto, o traço 1:5 destacou-se dos demais pelo menor consumo de cimento em kg/m³, sendo este o escolhido para confecção dos corpos de prova.

## 4. RESULTADOS

Neste item estão apresentados os resultados encontrados para este estudo, sendo que os mesmos foram tratados estatisticamente visando a eliminação dos dados ilegítimos, prosseguido de análises pelo método de análise de variância (ANOVA), através do software Statistica 7.0, seguida do teste Post Hoc de Fisher.

### 4.1 Resistência à compressão uniaxial

O mais usual de todos os ensaios do concreto endurecido é o de resistência à compressão, seja pelo fato de ser um ensaio de fácil execução, como também porque muitas das características desejáveis do concreto são qualitativamente relacionadas com a resistência. (NEVILLE, 2003). Neste trabalho, o ensaio de resistência à compressão uniaxial foi adotado como parâmetro para determinar a resistência mecânica residual de concretos expostos a diferentes patamares de temperatura, com e sem a adição de fibras de PET.

A avaliação da resistência à compressão dos corpos de prova, foi realizada após o aquecimento dos CP's em uma mufla, cuja taxa de aquecimento foi fixada em 12 ºC/min. Após resfriamento lento, efetuou-se o rompimento dos CP's em uma prensa disponível no LAPATEC, da marca EMIC – modelo PC200CS, com capacidade de 2.000 KN e velocidade de carregamento de 0,45 MPa/s. A partir deste ensaio, tornou-se possível avaliar o comportamento do CAR ao ser submetido aos fatores controláveis de temperatura, tempos de exposição e teor de adição, a Tab. 2 demonstra o resultado obtido após análise estatística.

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para resistência à compressão

| Efeito | GDL | MS | F (calc.) | P | Significância |
|---|---|---|---|---|---|
| **Teor de Adição (%)** | 1 | 4,12 | 0,271 | 0,608183 | NS |
| **Temperatura (°C)** | 1 | 5493,19 | 361,102 | 0,000000 | S |
| **Tempo de Exposição (min)** | 1 | 105,69 | 6,948 | 0,015449 | S |
| **(%) * (°C)** | 1 | 99,42 | 6,535 | 0,018384 | S |
| **(%) * (min)** | 1 | 128,58 | 8,452 | 0,008425 | S |
| **(°C) * (min)** | 1 | 777,18 | 51,089 | 0,000000 | S |
| **(%) * (°C) * (min)** | 1 | 0,43 | 0,028 | 0,868201 | NS |

**GDL: graus de liberdade; MS: média simples; F(calc): valor calculado de F; P: nível de significância; S: valor significativo; NS: valor não significativo; Se P<5%: valor significativo.**

A partir da Tab. 2, pode-se afirmar que com exceção do "Teor de adição (%)" e a combinação "Teor de adição (%), Temperatura (ºC) e Tempo de exposição (min)", todos os demais fatores exercem influência na resistência à compressão, sejam eles isolados ou combinados.

### 4.2 Efeito da temperatura

Como exposto por Silva (2001), o aumento da temperatura de um elemento estrutural pode causar reduções de resistência e rigidez, além do aparecimento de esforços solicitantes. Isso acontece, pois com o aumento da temperatura os elétrons começam a vibrar e a mobilidade aumenta. Consequentemente, os componentes do concreto se dilatam e levam à ocorrência de fissuras e desplacamentos.

De acordo com a Fig. 2, percebe-se que a resistência à compressão decresce com o incremento da temperatura. Esse efeito já era esperado, uma vez que a matriz sofre processos físico-químicos durante o aquecimento que podem ser extremamente destrutivos às propriedades do concreto. A medida que se eleva a temperatura a poro-pressão é aumentada, sobretudo pelo CAR possuir uma matriz de baixa permeabilidade, gerando microfissuras internas no concreto, que influenciam diretamente na redução da resistência da matriz. Associado a esse efeito, as fibras com o aumento da temperatura começam a derreter, e ao atingirem sua temperatura de fusão, geram vazios que controlam efetivamente a resistência, responsabilizando-se pelo enfraquecimento da matriz.

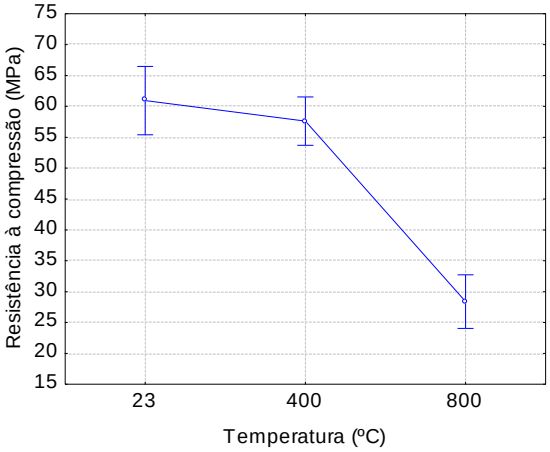



Figura 2. Efeito isolado da temperatura

Através do teste Post Hoc de Fisher, constatou-se que a perda de resistência entre 23 ºC e 400 ºC é insignificante, no entanto, tomando-se como a referência a temperatura ambiente, para os 800 °C o decréscimo chegou a 53,40 %. Dessa forma, acorda-se com o que Neville (2003) expôs, que entre a faixa de 600 ºC e 700 ºC ocorre a perda total e irreversível das propriedades mecânicas do concreto.

Outro fator importante de destacar é que na produção dos CP's de referência com adição de 0,5 %, provavelmente ocorreu falha durante o processo de adensamento, que ocasionou os vazios, ou nichos de concretagem, popularmente conhecidos como bicheiras. Esse tipo de problema pode afetar o desemprenho da matriz, gerando valores menores do que o esperado para a resistência à compressão na faixa de temperatura de 23 º C.

### 4.3 Efeito do tempo de exposição

Analisando a Fig. 3 é possível constatar que ocorre um decréscimo na resistência à compressão na matriz devido ao tempo de exposição às altas temperaturas. Realizando o teste Post Hoc de Fisher, verificou-se que as maiores perdas ocorrem nos primeiros 30 minutos de exposição à altas temperaturas, acordando com o exposto por Nince (2006), enquanto que para a faixa de 30 à 60 minutos, essa variação já torna-se insignificante estatisticamente. Ao comparar a resistência à compressão inicial dos CP's com a final depois de 60 minutos de exposição se tem uma queda de 30 %.

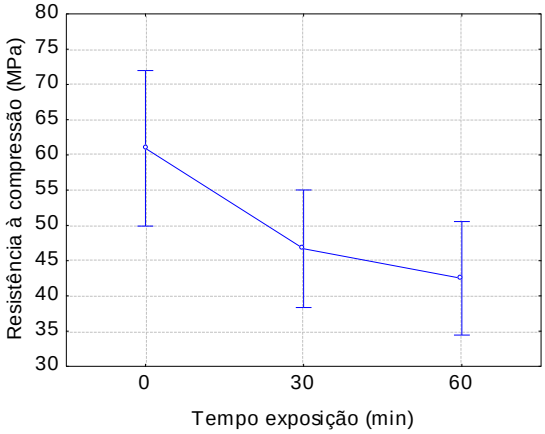



Figura 3. Efeito isolado do tempo de exposição

Com estes dados, atesta-se mais uma vez a importância de se estudar maneiras de adiar ou minimizar os efeitos causados pela exposição à altas temperaturas nas propriedades do concreto, de modo a se intervir da forma mais rápida possível em casos de incêndio, uma vez que há grande perda das propriedades mecânicas em curtos intervalos de tempo, concordando com o exposto por Lima (2005). Comparando os resultados obtidos para Pizzoni (2017), observa-se que a fibra de PET apresentou melhor desempenho do que a fibra de polietileno, com quedas menores de resistência.

## 5. CONCLUSÕES

Com o objetivo de analisar o comportamento do Concreto de Alta Resistência (CAR) submetido a altas temperaturas, o presente trabalho buscou avaliar se a associação de fibras de politereftalato de etileno (PET)

apresentaria desempenho satisfatório no ensaio realizado em laboratório e seria uma alternativa viável para o mercado da construção civil no que diz respeito a minimização dos efeitos de lascamento explosivo, ou *spalling* do concreto. Os resultados obtidos nos ensaios passaram por tratamento estatístico dos dados, por meios dos quais foi possível apresentar as conclusões descritas a seguir.

A análise revelou que a adição de 0,5 % de fibra de PET provocou perda de resistência à compressão, decrescendo ainda mais seus valores em função do acréscimo da temperatura e do tempo de exposição. Esse fato se explica pois a medida que o CP submete-se ao aquecimento, a poro-pressão é aumentada gerando microfissuras no concreto, que interferem diretamente nas propriedades mecânicas. Por outro lado, a adição eliminou os danos apresentados pelos CP's de referência (sem fibra) nos corpos de prova sujeitos a 400 ºC e minimizou os efeitos dos CP's sujeitos a 800 ºC, indicando que o derretimento da fibra aumentou a porosidade do material e reduziu os danos causados pela poro-pressão, sendo uma alternativa eficiente para eliminação do fenômeno *spalling*, além de contribuir para o reaproveitamento de resíduos por meio da redução do descarte inadequado deste material que ocasionaria impactos ambientais.

É bem verdade que toda a perda de umidade do concreto resultante do aquecimento pode resultar em queda da resistência. Daí surge a necessidade de realizar pesquisas voltadas ao estudo dos danos causados por incêndios e do comportamento do concreto sujeito à ação do fogo, e à determinação de possíveis medidas que previnam, amenizem e controlem o processo de degradação térmica dos elementos estruturais.

Por fim, conclui-se que a adição da fibra de PET no concreto, para se evitar lascamentos explosivos, provou ser eficiente, colaborando para a segurança estrutural dos elementos de CAR. O prosseguimento dessa pesquisa pode consolidar uma abordagem voltada a avaliação de um teor de adição mais adequado, que promova melhores resultados para a resistência à compressão, conduzindo-se assim à descoberta de materiais e técnicas que retardem ou reduzam a deterioração de uma estrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Concretos para fins estruturais:* Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. NBR 8953. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

COSTA, N. et al. Aspectos tecnológicos dos materiais de concreto em altas temperaturas. In: NUTAU - SUSTENTABILIDADE, ARQUITETURA, DESENHO URBANO, 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2002. p. 1278-1289

FIGUEIREDO, A. D. *Concreto com Fibras*. Cap. 39. In: Isaia, G. C (Ed.). Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, 2005

FIQUEIREDO, A. D.; NINCE, A. A. *Concreto expostos às altas temperaturas*. 2008. 36 f. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo: EPUSP, 2008.

GEORGALI, B.; TSAKIRIDIS, P.E. *Microstructure of fire-damaged concrete. A case study. Cement and Concrete Composites*, 2004. Article in press. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science>. Acesso em: 19 de julho de 2004.

ISAIA, G. C. (Ed.) *Concreto: Ciência e Tecnologia*.1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011. 2v.

KODUR, V. *Properties of concrete at elevated temperatures.* ISRN Civil Engineering, v. 2014, 2014.

LIMA, R. *Investigação do comportamento de concretos em temperatura ambientes.* 2005. 241 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação UFRGS, Porto Alegre, 2005.

MENESES, I. A. *Avaliação de Concreto com Adição de Fibras PET Submetido a Altas Temperaturas*. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Pós-Graduação em Engenharia Civil, Natal, 2011.

NEVILLE, A. M. *Neville on Concrete – An examination of issues in concrete practice*. Farmington Hill: American Concrete Institute, 2003.

NINCE, A. A. *Lascamento do Concreto exposto a altas temperaturas.* 2006. 300p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PHAN. L. T. *High-strength concrete at high temperature – an overview*. In: BUILDING AND FIRE RESEARCH LABORATORY. National Institute of Standard and Technology, 2002.

PIASTA, J. *Heat deformations of cement paste phases and the microstructure of cement paste*. Materials and Structures, v. 17, n. 102, p. 415-420, nov./dez. 1984. RILEM – The International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures. Paris, França, 1984.

PIZZONI, A. *Análise da influência do uso de macrofibras de polietileno em concretos de alta resistência (CAR) submetidos a altas temperaturas.* 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Regional Intregrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2014.

SILVA, V.P. *Estruturas de aço em situação de incêndio.* São Paulo: Zigurate Editora, 2001.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.* São Paulo: PINI, 1998. 255 p.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO CAVACO DE MDF CALCINADO NA MISTURA DO CONCRETO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS PARA PAVIMENTOS INTERTRAVADOS (PAVERS)

**Murilo Loss Franzen**
**Marco Antônio Sampaio Ferraz de Souza**
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim, RS.
murilofranzen@yahoo.com.br; marco@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este estudo tem por finalidade determinar o melhor traço de concreto para produção de blocos intertravados de concreto (paver), a partir da substituição parcial do agregado miúdo por pó de MDF calcinado, bem como da adição de pó de MDF em relação ao cimento Os blocos foram moldados numa empresa de Marcelino Ramos/RS, através da modificação do traço de concreto padrão de produção da empresa, submetendo os blocos ao ensaio de resistência característica à compressão, além de analisar a absorção de água, realizar a inspeção visual e análise dimensional dos blocos produzidos. Devido ao fato de que não se conseguiu uma mistura homogênea do concreto, as peças não atingiram os valores de resistência esperados, bem como não apresentaram resultados favoráveis na absorção de água pelo aumento da porosidade, o que se admite também ser devido ao método de dosagem escolhido, onde as substituições e adições foram consideradas em peso, não se levando em conta a massa específica, o que pode ter ocasionado falta de material na mistura.*

***Palavras chave:*** *blocos intertravados, MDF calcinado, gerenciamento de resíduos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a necessidade de proteger o meio ambiente e contribuir com a diminuição do desperdício, o gerenciamento de resíduos tornou-se temática atual na indústria de hoje. No que concerne às indústrias do setor moveleiro, Cassilha et al. (2003) destaca o volume de resíduos gerados durante um processo fabril, uma vez que a principal matéria prima deste ramo é a madeira maciça ou as chapas de madeira reconstituída. Segundo Brito e Cunha (2009), nestas indústrias o desperdício de matéria-prima inicia mutuamente ao momento da extração da madeira, não restringindo os resíduos somente aos gerados durante um processo fabril.

Com isto, o estudo do aproveitamento de resíduos oriundos de empresas do setor moveleiro tem importância de cunho ambiental, indo de encontro às boas práticas de sustentabilidade, onde se justifica a importância do presente trabalho na análise da utilização deste material na construção civil, cujo objetivo principal é determinar o melhor traço para fabricação de paver, com a substituição parcial do agregado miúdo pela mesma quantidade em peso de MDF calcinado e com adição de 10%, de modo a obter boa resistência mecânica em compatibilidade com as normas técnicas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Geração e reutilização de resíduos da indústria moveleira

Os resíduos gerados pelas indústrias de móveis constituem consequência direta das etapas de transformação da madeira maciça ou mesmo dos painéis reconstituídos, sendo que estes resíduos podem ser classificados em: cavacos, maravalha, serragem e pó (CASSILHA et al., 2003). É importante salientar a necessidade de segregação dos resíduos gerados, onde, segundo Farage (2009), alguns resíduos de origem industrial podem estar contaminados com solventes ou materiais perigosos, fazendo com que um pequeno volume de resíduo possa vir a contaminar um volume maior, inutilizando este material que poderia ser aproveitado.

No processo produtivo de madeira serrada, de acordo com Fagundes (2003), o volume de resíduos gerado acaba por ser superior ao produto obtido, pois nestes resíduos predominam galhos, troncos e raízes além das toras que são oriundas do desdobro.

### 2.2 Utilização de resíduos na pavimentação

Brotti (2014) realizou um trabalho experimental para a produção de blocos de pavimento intertravados, também conhecidos como paver, com a substituição parcial do agregado do concreto por resíduos de construção. Seguindo a norma NBR 9780 (ABNT, 1987), a resistência mínima para estes blocos deve ser de 35 MPa, onde o trabalho em questão conseguiu resultados em torno de 34,60 MPa, o que não foi um problema, uma vez que as peças foram rompidas com 7 dias e esta diferença de resistência poderia ser alcançada nos próximos dias.

Cavalcanti et al. (2011), em seu trabalho, avaliou a produção de paver a partir da análise de um traço de concreto 1:2:3 (cimento: areia: pedra) que substituía o agregado convencional (areia e pedrisco) por agregado reciclado, produzido a partir de resíduos diversos da construção civil e material demolido. Todo agregado reciclado foi produzido em conformidade com as exigências da norma NBR 15116 (ABNT, 2004). Para este trabalho, foi adicionado ao traço o adesivo superplastificante Muraplast 91, na importância de 1,0 ml, a fim de melhorar a plasticidade e trabalhabilidade do concreto.

Os corpos de prova do trabalho de Cavalcanti et al. (2011) foram submetidos aos testes de compressão simples, obtendo uma resistência de 14,5 MPa nos primeiros sete dias, porém os resultados foram tidos como satisfatórios por se tratar de peças sem finalidade estrutural, as quais seriam utilizadas em calçadas e jardins, deixando como sugestões futuras um estudo mais aprimorado acerca dos resíduos que podem ser aproveitados na fabricação de paver.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Moldagem dos corpos de prova

Após a caracterização do material, os corpos de prova foram moldados método prensado, um processo totalmente mecanizado que resulta em melhor desempenho. Segundo Fernandes (2013), é o processo que requer maiores cuidados na produção, já que se utiliza concreto seco e agregados mais finos e, ainda, o que apresenta maior probabilidade de manifestação patológica caso estes cuidados não sejam tomados.

O concreto foi preparado a partir do traço padrão da empresa, substituindo o agregado miúdo em 10% e 20% em peso por pó de MDF calcinado, além de uma mistura adicionando 10% (em relação ao peso do cimento) de MDF calcinado como fíler no traço padrão sem substituição. Foram moldados 06 corpos de prova com substituição de 10% do agregado miúdo, 06 corpos de prova para a substituição de 20% e outras 06 unidades com a adição de 10% de MDF calcinado, além do bloco com o traço padrão sem alteração que foi submetido ao ensaio de resistência à compressão.

### 3.2 Ensaio de resistência característica à compressão

Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013), as peças devem estar saturadas em água a 23±5 °C por no mínimo 24 horas antes do ensaio. As mesmas devem ser posicionadas sobre placas auxiliares de ensaio, recebendo carregamento contínuo na velocidade de 550 kPa/s, até a ruptura completa.

O valor característico é obtido através da Eq. (1) e Eq. (2).

$$f_{pk,est} = f_p - t \times s \tag{1}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(fp - fi)^2}{n-1}} \tag{2}$$

Para fins de comparação, os resultados obtidos devem atender às especificações da NBR 9781 (ABNT, 2013), que determina que os blocos para tráfego de pedestres e veículos leves apresentem resistência mínima aos 28 dias maior ou igual a 35 MPa, enquanto as peças destinadas a veículos especiais e maiores solicitações apresentem resistência igual ou superior a 50 MPa.

### 3.3 Ensaio de absorção de água

Além da água mineral, o ensaio de absorção requer determinados equipamentos, que estão descritos na NBR 9781 (ABNT, 2013).

O cálculo do valor da absorção se dá pela Eq. (3).

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \tag{3}$$

Os resultados obtidos devem ser comparados aos limites estabelecidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013), com valor médio menor ou igual a 6,00%, sendo rejeitados resultados superiores a 7,00%.

### 3.4 Ensaio de inspeção visual

De acordo com a NBR 9781 (ABNT, 2013), a inspeção visual tem por objetivo verificar possíveis defeitos na peça, devendo observar os seguintes itens: chanfros para peças chanfradas, arestas que devem ser regulares em todas as faces e paredes laterais e o ângulo de inclinação, que deve ser de 90°.

As considerações para chanfro e aresta estão demonstradas, respectivamente, nas Fig. 1 e 2.

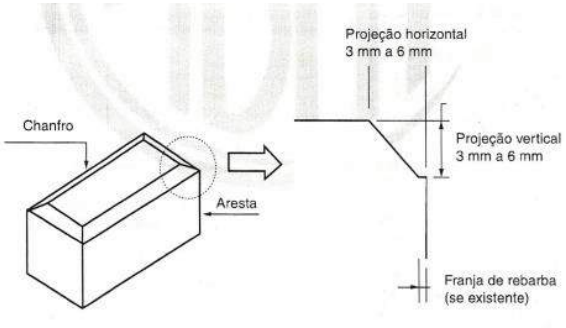



Figura 1. Chanfro nas peças de concreto

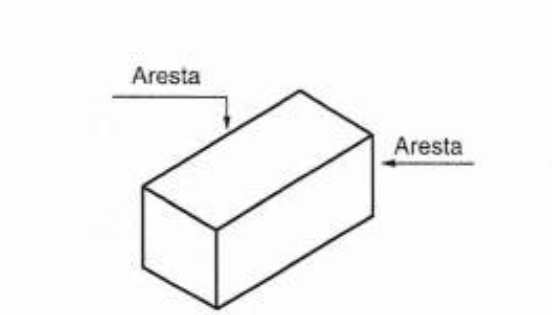



Figura 2. Indicação das arestas

### 3.5 Avaliação dimensional

Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013), as peças produzidas devem atender aos parâmetros de medidas determinados, porém, neste trabalho a avaliação tomou por base as medidas das formas disponibilizadas para moldagem das peças, considerando que a medida final não poderia ultrapassar em ±3mm de 230 mm de uma diagonal a outra e 120 mm de largura no centro da peça.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os pavers após desmoldados apresentaram o aspecto irregular, onde se nota o defeito de homogeneidade em todos os teores testados, notando ainda uma pequena irregularidade no chanfro no bloco destacado como “2-A”, que é o que recebeu adição de pó de MDF na mistura, conforme Fig. 3.

O que explica o índice unânime de defeito de homogeneidade é o fato de os materiais terem sido misturados em betoneira, ocasionando uma mistura insuficiente. Já o problema do chanfro irregular se deve ao fato de uma dosagem excessiva de água no momento da mistura.

Figura 3. Pavers após desmoldagem

Quanto à avaliação dimensional, todos os pavers se apresentaram dentro dos limites estabelecidos, não obtendo variação maior que 1mm em nenhuma direção.

Com relação ao ensaio de absorção de água, os resultados se mostraram conforme Tab.1:

Tabela 1. Valores de absorção.

| **Teores** | **Absorção Amostra 1 (%)** | **Absorção Amostra 2 (%)** | **Absorção Amostra 3 (%)** |
|---|---|---|---|
| Substituição de 10% do agregado miúdo | 8,50 | 10,48 | 9,49 |
| Substituição de 20% do agregado miúdo | 16,81 | 20,91 | 18,86 |
| Adição de 10% de MDF calcinado em relação ao cimento | 6,39 | 8,20 | 7,29 |

Como se pode observar, praticamente todos os resultados extrapolaram o limite da NBR 9781 (ABNT, 2013), que não admite que nenhum valor exceda os 7% de índice de absorção. Os altos índices encontrados neste ensaio podem se justificar pelo concreto utilizado, o qual apresentou falta de homogeneidade conforme constatado na inspeção visual das peças, aumentando a porosidade.

No entanto, é importante observar que o concreto se tornou muito poroso, o que leva a se considerar a dosagem utilizada. Neste trabalho optou-se por realizar as substituições de agregado miúdo por pó de MDF calcinado considerando os materiais em peso, ou seja, a quantidade de agregado miúdo em quilos foi retirada e reposta a mesma quantidade em quilos de MDF calcinado.

A substituição efetuada contribuiu para um aumento de vazios no concreto, elevando a porosidade, uma vez que aqui se percebe a importância da consideração da massa específica de cada material.

Por fim, quanto ao ensaio de resistência característica à compressão, foram analisados 06 corpos de prova para cada faixa de substituição de agregado miúdo, comparados ao traço padrão sem substituição utilizando os blocos moldados pela própria empresa, onde foram encontrados os seguintes valores de resistência, com suas respectivas médias e desvio padrão, expressos na Tab. 2.

Tabela 2. Resistência à compressão aos 28 dias.

| | **Resistência à compressão (MPa)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Teores** | **Substituição 10% do agregado miúdo** | **Substituição 20% do agregado miúdo** | **Adição de 10% de MDF calcinado em relação ao cimento** | **Traço padrão sem alteração** |
| CP 01 | 19,5 | 7,6 | 13,7 | 50,3 |
| CP 02 | 19,8 | 5,8 | 14,2 | 41,0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CP 03 | 19,2 | 6,1 | 14,0 | 42,5 |
| CP 04 | 15,9 | 3,7 | 14,8 | 55,9 |
| CP 05 | 19,2 | 6,5 | 15,9 | 48,9 |
| CP 06 | 18,5 | 5,8 | 13,5 | 40,6 |
| **Média** | **18,68** | **5,92** | **14,35** | **46,53** |
| **Desvio padrão** | **1,43** | **1,28** | **0,88** | **6,16** |
| **Coeficiente variação** | **7,66%** | **6,15%** | **21,58%** | **13,23%** |

Com relação aos corpos de prova moldados para este estudo, nota-se que todos apresentaram-se, em média, 37% abaixo da resistência mínima de 35 MPa, observando ainda que o corpo de prova com maior substituição de agregado (20% do peso substituído por MDF) apresentou a maior redução na resistência à compressão.

Segundo Amadei (2011), o concreto seco utilizado na produção dos pavers deveria ser preparado com a utilização de misturador planetário, de eixo vertical, o que proporcionaria a mistura adequada dos componentes. Portanto, a mistura insuficiente gerada pela betoneira, também contribuiu para a baixa resistência, uma vez que o concreto não se tornou homogêneo.

Deste modo, tomando por exemplo o traço com substituição de 20% em peso de agregado miúdo por pó de MDF, fica evidente que a substituição não compensou a quantidade retirada de modo satisfatório. Como explicado anteriormente, uma vez que a massa específica não foi levada em consideração, a simples substituição dos materiais em quilos se mostrou inadequada, com evidente falta de material na composição ideal do traço, o que se justifica nos resultados com resistência muito abaixo do esperado.

Comparando os resultados do paver no traço padrão da empresa sem alteração com o traço moldado com adição de 10% de pó de MDF, com relação ao peso do cimento, observa-se que o pó de MDF influenciou significativamente, de forma negativa, nos resultados de resistência.

A adição de 10% de um material fino, que é o limite de fíler que pode ser adicionado numa mistura, para um concreto que já possui finos em sua composição e, ainda, sendo esta adição calculada em função do peso, ocasionou um excesso de finos no concreto. Segundo De Larrard (1999), ao aumentar a porcentagem de finos em uma composição, no primeiro momento o volume de vazios diminui já que os finos preenchem os vazios dos agregados graúdos. Porém, ao atingir o limite, estes finos passam a interferir na acomodação dos grãos mais grossos, causando o efeito de afastamento, diminuindo o empacotamento dos grãos devido ao aumento do índice de vazios.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos não atenderam aos requisitos de Norma no que diz respeito à resistência à compressão e absorção de água. O aspecto visual dos pavers antes dos ensaios já denotava um concreto poroso e com problemas de homogeneidade, o que já era indicativo de excesso de vazios no concreto.

Como fora observado, a mistura para o concreto seco se deu com a utilização de betoneira basculante, o que não promoveu uma mistura suficiente que resultasse num concreto homogêneo. O ideal seria a utilização de misturador planetário, de eixo vertical, o que proporcionaria a mistura adequada dos componentes.

Porém, o principal fator que contribuiu para os resultados, foi o método escolhido para dosagem. Neste estudo, a proposta foi a substituição dos materiais em peso, para fins de avaliar seu comportamento em cada traço proposto, não levando em consideração a massa específica dos agregados. Sendo assim, se comprova a importância dos ensaios efetuados na caracterização dos materiais, a fim de que a substituição ou adição de pó de MDF se desse de modo a compensar a quantidade de finos retirada, ou que não sobrecarregasse a mistura, como no caso da adição.

O uso excessivo de água na dosagem da mistura com adição de 10% de MDF calcinado também se observa nos resultados dos chanfros irregulares, pois, com a quantidade correta de água, o esperado seriam arestas vivas com boa aparência. Porém, observando os resultados obtidos, poderia se considerar a redução da porcentagem de adição, para

uma porcentagem mínima, que não ocasionasse excesso de finos na mistura, onde possivelmente os resultados seriam positivos em relação à Norma, possibilitando verificar a contribuição do pó de MDF calcinado para resultados de resistência e demais requisitos esperados.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 21p.

Amadei, D. I. B. *Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do município de Juranda/PR*. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011. Disponível em: <http://www.peu.uem.br>. Acesso em: 19 mai. 2018.

BRITO, L.S.; CUNHA, M.E.T. *Reaproveitamento de resíduos da indústria moveleira*. Unopar Ciências Exatas e Tencologia, Londrina, PR, v. 8, p. 23-26, 2009.

Brotti, R.C.W. *Contribuição ao estudo de resíduos de construção e demolição (RCD) visando à fabricação de peças de pavimentação*. 2014. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia, UTFPR, Pato Branco, 2014.

Cassilha, A.C. et al. *Indústria moveleira e os resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental*. Revista Educação e Tecnologia, Curitiba, PR, 2003.

Cavalcanti, E.C.M. et al. Pavimentação intertravada: utilização de resíduo de construção e demolição para fabricação e assentamento de pavers. In: *XV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. XI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS GRADUAÇÃO*. 2011. Universidade do Vale do Paraíba. Anais... Jacareí: Univap, 2011.

De Larrard, F. *Concrete mixture proportioning – a scientific approach*. E & FN SPON, New York, 1999.

Fagundes, H. A. V. *Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul*. 2003. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

Farage, R.M.P. *Aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos gerados no polo moveleiro de Ubá para fins energéticos*. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, UFOP, Ouro Preto, 2009.

Fernandes, I. D. *Blocos e Pavers – Produção e Controle de Qualidade*. 4 ed. Ribeirão Preto: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2013.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CARACTERIZAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE INFILTRAÇÃO EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES NA REGIÃO ALTO URUGUAI DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**Drews, Pâmela.**
**Souza, Marco Antonio Sampaio Ferraz de.**
URI - Universidade Regional Integrada - RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim/RS
pah.drews@gmail.com.br, marco@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo desde artigo é elucidar sobre as patologias que podem ser encontradas em edificações devido ao excesso de umidade que se encontra nas mesmas. Verifica-se a importância da correta impermeabilização das estruturas que podem sofrer com patologias, aprimorando técnicas na busca do conforto, segurança e durabilidade das construções.*

***Palavras-chave:*** *patologias, umidade, impermeabilização, conforto, durabilidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o último século o termo patologia, vem sendo amplamente utilizado nas construções, fazendo analogia às enfermidades da medicina. Segundo Fernández (1988), patologia faz parte da engenharia que estuda os mecanismos, sintomas, as causas e as origens dos efeitos das obras. Em alguns casos, é possível fazer um diagnóstico das patologias simplesmente por técnica de visualização. Por outro lado, em determinadas situações é necessário verificar o projeto, analisar em detalhes como a obra foi executada e como a patologia reage a determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar as causas das patologias, propondo correções para não se manifestarem novamente. Nesse âmbito, estudam-se as consequências e causas dos danos causados às construções, como é o assunto deste artigo, a umidade. As origens da umidade são as mais diversas e suas formas de amenização ou tratamento seguem a mesma lógica, variando assim, para cada tipologia.

## 2. TIPOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO

A patologia na construção civil deve ser entendida como fim ou baixo desempenho da estrutura em si, no que diz respeito à estabilidade e durabilidade da mesma em relação às condições que está submetida. Pavan *et al.* (2007) define que os levantamentos apontam que as falhas mais freqüentes dizem respeito ao problema de umidade, descolamento, fissuração ou instalações hidráulicas.

As classificações das patologias conforme Barbalho (2011) são:

a) Congênitas: têm origem na fase do projeto, quando não são observadas as Normas Técnicas, erros ou omissões dos profissionais.

b) Construtivas: origem na fase de execução, resultado de mão de obra despreparada, produtos não certificados, ausência de metodologia de assentamento.

c) Adquiridas: Ocorrem durante a vida útil, resultado da exposição do material ao meio ambiente, podendo variar de acordo com a agressividade do meio ou ação do homem.

d) Acidentais: Caracterizados pela ocorrência de fenômeno atípico.

## 3. AÇÕES DELETÉRIAS NAS EDIFICAÇÕES

Segundo Verçoza (1987), a ausência de impermeabilização nas áreas molhadas pode causar manchas, mofos, apodrecimento, eflorescência e deterioração.

### 3.1. Manchas

Quando a água atravessa uma barreira ela pode, no outro lado, ficar aderente e ocasionar uma mancha, ou se, a quantidade for maior, gotejar.A umidade permanente deteriora qualquer material de construção.

Ocorrentes no exterior da estrutura, pelo efeito das chuvas ou vazamentos, conta com a ajuda dos organismos vivos ou partículas poluidoras para ir deteriorando a estrutura ao ponto de ter que remover o revestimento executado, pois oferece riscos à saúde do usuário trazendo doenças e até reduzindo a durabilidade da estrutura (Figura 1.1)

Figura 1.1. Manchamento
Fonte: Arquivo Pessoal (2017)

### 3.2. Mofo e apodrecimento

Na madeira aparece devido ao mofo e bolor. Estes são fungos vegetais cujas raízes penetram na madeira, destilam enzimas ácidas que as corroem. Na alvenaria elas escurecem as superfícies degradando-as com o tempo (Figura 1.2).

Figura 1.2. Mofo
Fonte: Arquivo Pessoal (2017)

A eliminação geralmente ocorre de forma a impermeabilizar o material, ventilar, desde que as raízes não sejam profundas.

### 3.3. Eflorescências

São as formações de sais nas superfícies das paredes, trazidos do seu interior pela umidade. Elas causam manchas, descolamentos, escorrimentos, e mau aspecto do material. Ela pode se encontrar entre o tijolo e o reboco, fazendo descolarem-se, e se em grande volume formam as estalactites.

São facilmente encontradas em fundos de reservatórios, na forma de estalactites e nas paredes como um pó branco. Pode causar modificação estética ou agressiva, podendo degradar a estrutura profundamente (Figura 1.3).

Eliminando-se a penetração de água, elimina-se a eflorescência.

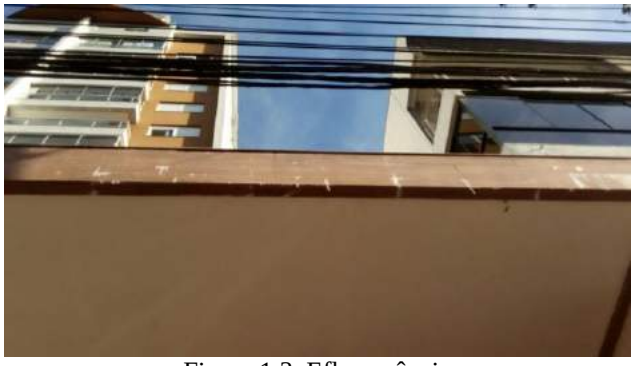


Figura 1.3. Eflorescência
Fonte: Arquivo Pessoal (2017)

### 3.4. Degradação de pinturas e revestimentos

A água presente nos materiais de construção pode ajudar a degradar pinturas, papéis de parede, laminados decorativos, madeira, entre outros, isso ocorre devido à ação direta da água ou pela dissolução dos sais presentes nos materiais de construção.

As deteriorações mais frequentes são as manchas de sujeira, fissuras e destacamento dos revestimentos e substratos. A porosidade do material, reações de expansão, presença de sais, intempéries, presença de bactérias aumentam a probabilidade de deterioração da estrutura.

Nas pinturas são observadas as seguintes patologias:

a) Eflorescências: Manchas esbranquiçadas, provocada pela lixiviação dos sais solúveis das argamassas e alvenarias, como carbonatos, hidróxidos de cálcio, sulfatos, cloretos e nitratos.

b) Desagregamento: Destruição da pintura que se esfarela e se destaca da superfície, podendo destacar parte do reboco. Causada pelos sais lixiviados ou a água que ataca as tintas e adesivos de revestimentos.

c) Bolhas: O poder impermeabilizante de algumas tintas pode impedir que o vapor d'água ou a própria água se dissipe, provocando o deslocamento e a formação de bolhas. Visível em tintas do tipo alquídicas, epóxi, e nas colas de revestimento de papéis, vinílicos e laminados (Figura 1.4).

Figura 1.4. Bolhas
Fonte: Arquivo Pessoal (2017)

d) Bolor: A presença de umidade nas tintas PVA, em função das resinas e aditivos proporciona o surgimento e o crescimento de fungos e bactérias, sendo encontrados em lugares pouco iluminados e ventilados. Colonização por fungos filamentosos. Está associado ao alto teor de umidade no material atacado, condicionante da presença dos organismos. Nada mais é que uma alteração na superfície dos materiais, que interfere na habitabilidade e salubridade da edificação.

e) Destacamento: Reação dos sais das eflorescências lixiviados até a interface das pinturas, prejudicando a aderência.

## 4. METODOLOGIA

Na etapa de anamnese foi realizada uma análise visual *in loco* verificando as manifestações patológicas presentes na fachada da edificação. Caso sejam detectadas manifestações patológicas de origem higrotérmica ou com presença de umidade, esta fachada fará parte do estudo de caso deste projeto. Em caso negativo, esta fachada não entra para o estudo.

A câmera térmica utilizada foi o modelo Flir T440 de propriedade da instituição URI campus de Erechim, onde os parâmetros utilizados para tais verificações foram os recomendados pelo software da câmera, por não possuirmos a exatidão de cada material utilizado nos estudos. Adotou-se então, como emissividade do material (0,86 para reboco) e distância média de 2 metros do ponto a ser analisado, onde o acesso era possível e 10 metros aonde a fachada possuía mais de 4 pavimentos e os problemas fossem detectados nos pavimentos mais altos. Apesar da emissividade do material não ser precisa, a variação térmica da fachada é real conforme demonstrado nas figuras constantes nas análises. As fotografias do estudo de caso foram extraídas pelo período da manhã, devido à influência da insolação sobre a emissividade do material, podendo alterar o resultado das fotografias, quanto à variação térmica.

Para a análise de cada imagem, foi utilizada a paleta de cores raimbow, onde se verifica a grande variação de coloração, facilitando o entendimento das superfícies que são mais frias com colorações mais escurecidas de tons azulados e superfícies mais quentes com colorações mais avermelhadas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Das associações patológicas diagnosticadas neste estudo, ressalta-se que as mais encontradas na região do Alto Uruguai, estado do Rio Grande do Sul, são as vesículas, fissuras e bolhas.

Nas edificações mais antigas é comum encontrar patologias devido à inexistência ou falta de cumprimento de normas e procedimentos construtivos. Dentre as fachadas consideradas neste estudo 91% delas, ou seja 10 de 11 fachadas, foram construídas com material ou procedimento inadequado, ou seja, apenas 1 delas foi executada dentro das técnicas adequadas, porém o material não foi adequado.

As fachadas que apresentaram manifestações patológicas mais afloradas passaram a ser objeto de estudo de ensaio termográfico, através da câmera Flir T440. O ensaio aborda as diferentes emissividades dos materiais e a variação de coloração da superfície analisada em cada fotografia.

A câmera mostra nitidamente a presença de umidade no interior de revestimentos argamassados, visto que esta umidade está sempre acompanhada de outra manifestação patológica, como fissuras, bolhas, destacamentos, entre outros.

As fotografias de fachadas onde se faziam presentes as fissurações eram diagnosticadas através da coloração de cada elemento, sabendo que quanto maior a fissura, maior a troca de gases, portanto maior a temperatura da fissura, ou seja, mais calor presente em seu interior, não ficando então, a umidade presente no revestimento de fachada, mas adentrando a estrutura por um canal aberto, conforme figura 1.5.

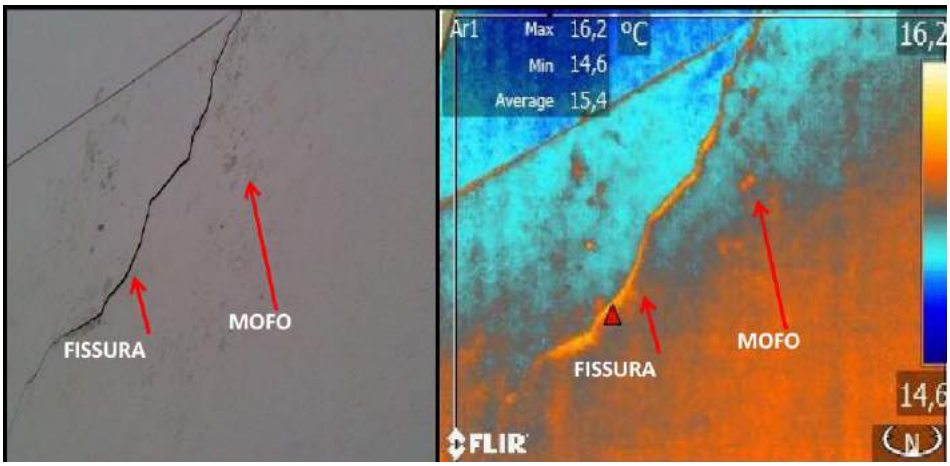



Figura 1.5 Comparação foto tradicional com foto térmica (rachadura)
Fonte: Arquivo Pessoal

A análise térmica é essencial para a confirmação da umidade presente nas bolhas afloradas em superfícies, onde a coloração não altera na fotografia tradicional e na fotografia térmica se mantém azulada, enquanto nos destacamentos (quando a bolha já explodiu retirando a camada de tinta do revestimento), conforme figura 1.6.

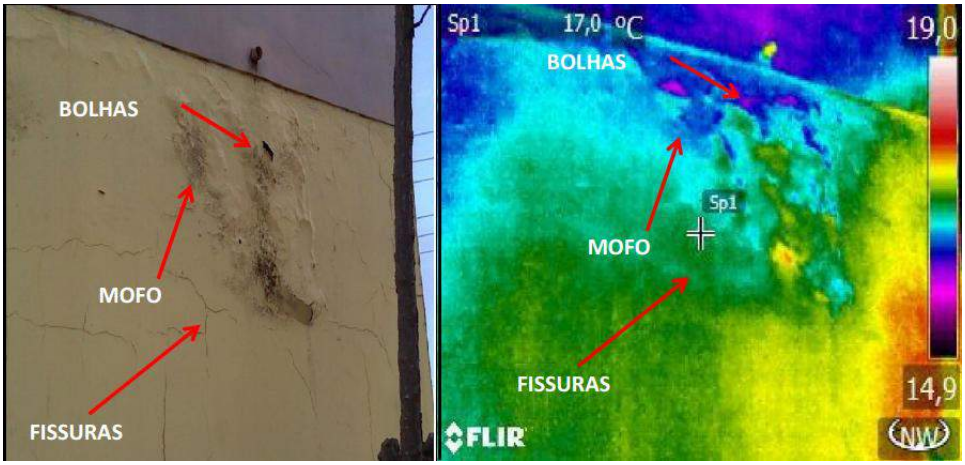



Figura 1.6 Bolhas com presença de umidade
Fonte: Arquivo Pessoal

Quando se trata de manifestação patológica com presença de fungos, a coloração também se mantém azulada, devido à presença de umidade para o permanecimento do microorganismo na estrutura, conforme se observa na figura 1.7.

Figura 1.7 Mofo presente na fachada
Fonte: Arquivo Pessoal

Além disso foi possível concluir que as principais patologias abordadas foram o mofo, bolhas, destacamento e manchamento, ocorrente em 81,82% dos casos amostrados, conforme mostra a figura 1.8, por falta de cuidado na execução, mas também pela não manutenção das edificações, o que facilita a proliferação dos problemas e dificulta a sua remoção.

Figura 1.8 Ocorrência das manifestações patológicas
Fonte: Arquivo Pessoal

## 6. CONCLUSÕES

Após a análise das edificações supracitadas, confirma-se que os profissionais não atenderam as condições abordadas pelas normativas NBR 6118/2014 e NBR 15575/2013 quanto ao atendimento dos itens de desempenho, durabilidade e habitabilidade das edificações, bem como demais itens não mencionamos anteriormente.

As principais causas abordadas neste estudo, relacionadas à patologia de infiltração por chuva dirigida, estão associadas em 91% dos casos ao emprego de materiais e técnicas incorretas de execução.

Estudos sugerem que a falta de impermeabilização é comum nas construções mais antigas e representa um valor irrisório quando comparado ao mesmo procedimento como fator corretivo, que pode custar até 6 vezes o valor de uma impermeabilização durante a construção, por outro lado, sua falta é umas das razões para muitas das patologias por capilaridade ou condensação da água.

Apesar de semelhantes, cada patologia possui determinadas características que as diferenciam das demais, como colorações, forma de manifestação, entre outros. Este estudo é de suma importância para que seja efetuado o diagnóstico correto das patologias, mas principalmente do agente causador, afim de que sejam evitadas falhas, preservando estruturas e não necessitando gastos com reparos dispendiosos e desnecessários.

## 7. REFERÊNCIAS

_____. NBR ABNT 6188. **Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR ABNT 15575. **Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013.

ANHAS, F. V. L. **Emissividade de Materiais de Construção – Métodos de determinação e influência da humidade**. Portugal, 2018. Dissertação de Mestrado de Especialização em Construções, FEUP.

BARBALHO, R. O. S. **Avaliação sobre o estudo de casos nas construções habitacionais da cidade de Mossoró/RN - Patologias de revestimento**. Mossoró, 2011. Monografia de Especialização em Bacharelado em Ciência e ecnologia, UFERSA.

FERNÁNDES CÁNOVAS, M. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1998.

PAVAN, A. DAL PONT, T. E. **Impermeabilização com manta asfáltica: Um estudo no tratamento de infiltração de lajes de cobertura.** Tubarão, 2007. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Sul de Santa Catarina.

RIPPER, Ernesto. **Como evitar erros na construção**. São Paulo, 1996.

SOUZA, V. C. M., CORDEIRO, T. J. R. B. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

VERÇOZA, E. J. **Impermeabilização na construção.** Porto Alegre, 1987.

## 8. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluído neste artigo

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO PORTLAND

**Priscila Ongaratto Trentin**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
priscila-trentin@hotmail.com

**Érica Caroline Szydloski**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
ericaszy@hotmail.com

**Gabriela Carvalho Lagustera**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
gabriela.clagustera@gmail.com

**Jeferson Douglas Breitenbach**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
jefer_jdb@hotmail.com

**Caroline Angulski da Luz**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
angulski@utfpr.edu.br

***Resumo.*** *As demandas do mercado da construção civil exigiram que o concreto fosse melhorado para atender às exigências de projeto. Diante disso, o presente trabalho buscou expor as técnicas normativas no controle tecnológico do concreto autoadensável (CAA). Além disso, visando a execução de um concreto sustentável e elevado aumento na resistência a segregação quando comparado ao concreto convencional (CCV), o trabalho buscou apresentar a utilização do resíduo industrial, a cinza de casca de arroz, como substituição do cimento, o qual foi determinado 15%. O CAA com 15% de substituição de cinza casca de arroz apresentou acréscimo de resistência à compressão quando comparado ao CCV, 23% superior aos 28 dias. Diante disso, o trabalho apresentou resultado satisfatório quanto às propriedades do concreto no estado endurecido. No entanto, no estado fresco, a maioria dos ensaios não atendeu os limites estabelecidos em norma; tal fato pode ser decorrente das propriedades químicas da cinza de casca de arroz utilizada.*

***Palavras-chave:*** *cinza de casca de arroz, cimento, concreto auto-adensável*

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto autoadensável é um concreto inovador que dispensa vibração, suas três principais propriedades são a habilidade de passar entre os obstáculos, a capacidade de preenchimento uniforme da forma sob a ação do peso próprio e a resistência a segregação (Safiuddin, West e Soudki, 2011). A dosagem de um concreto com essas características só era possível com um grande consumo de cimento, o que resultava em um material com custo elevado, tendo seu uso restrito apenas a obras especiais. O uso de aditivo superplastificante, aliado a dosagem ideal dos materiais convencionais, permite atingir a fluidez necessária sem o consumo excessivo de cimento. Porém, a dosagem excessiva do aditivo resulta em problemas de segregação e exsudação, que podem ser corrigidos com a incorporação de finos na mistura (Sathler *et al.*, 2017).

A alta demanda de finos em sua composição permite o uso de uma série de materiais alternativos, fator que tem incentivado o estudo de resíduos industriais como adição mineral, cooperando com o impacto ambiental. Outra possibilidade é utilizar os resíduos industriais como substituição parcial ao cimento, reduzindo assim o seu consumo, já

que o concreto autoadensável é conhecido pelo custo elevado devido ao alto consumo do material cimentício, resultando em um concreto mais viável econômica e ambientalmente (Sathler *et al.*, 2017).

Pesquisas mostram que a porcentagem máxima da cinza da casca de arroz como substituição parcial do cimento em concretos autoadensáveis, sem prejudicar seu desempenho, encontra-se entre 10-15% (Sandhu e Siddique, 2017). Diante disso, este trabalho teve o objetivo de analisar a proporção ideal entre os materiais para desenvolver um concreto autoadensável utilizando cinza de casca de arroz como substituição parcial do cimento no desenvolvimento de concreto autoadensável.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais utilizados

A Tabela 1 a seguir relacionada apresenta de forma resumida as características dos materiais utilizados neste trabalho.

Tabela 1. Caracterização dos materiais

| Material | Massa específica ($g/cm^3$) | Dimensão máxima característica (mm) | Módulo de finura | Superfície específica ($cm^2/g$) | Teor de material pulverulento (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Areia natural | 2,65 | 1,18 | 1,57 | - | 1,53 |
| Brita 0 | 2,92 | 9,50 | 5,58 | - | - |
| Brita 1 | 2,92 | 19,00 | 6,98 | - | - |
| Cimento CP II – Z | 3,07 | - | - | 3476 | - |
| Cinza da casca de arroz | 2,05 | - | - | 8418 | - |

### 2.2 Dosagem

Neste trabalho, a dosagem do concreto foi desenvolvida com base na metodologia proposta por Gomes (2009). Essa metodologia assume que o concreto pode ser obtido otimizando-se a composição da pasta e o esqueleto granular separadamente. A composição final do concreto é obtida buscando-se o conteúdo de pasta necessário para que o concreto apresente as características de autoadensabilidade. O método de Gomes sugere que a viscosidade e a fluidez da pasta governem o comportamento de fluxo do concreto.

Para a determinação do teor de saturação do aditivo, foi realizado o ensaio funil de Marshall (ABNT NBR 7681-2:2013) e o ensaio de mini-slump. A quantidade de aditivo inicial foi de 0,05% sobre a massa de cimento, na sequência foi adicionado progressivamente no teor de 0,03% em relação à quantidade de aglomerante utilizado, até que fosse atingido o espalhamento mínimo de 600mm. O teor de aditivo de 0,23% foi necessário para que se obtivesse o espalhamento desejado.

Em paralelo a determinação do teor de saturação de aditivo, foi determinado o empacotamento granulométrico dos agregados de acordo com a NBR NM 45:2006. Primeiramente, foi obtida a proporção ideal das duas britas, obtendo-se o menor índice de vazios, com a mistura de 60% de brita 1 e 40% de brita 0. Em seguida, foi realizado o proporcionamento ideal entre a mistura de britas e a areia natural, definindo a maior massa unitária com menor índice de vazios na porcentagem de 55% de brita e 45% de areia.

Segundo Goltermann *et al.*, 1997, a combinação de agregados com o menor teor de vazios leva ao mínimo volume de pasta, porosidade e retração, o que pode assegurar maior viscosidade e fluidez para o concreto autoadensável. Como as características do concreto autoadensável são dependentes do empacotamento granular, utilizou-se na dosagem do concreto autoadensável em questão a mistura de agregados com menor índice de vazios.

O comportamento da cinza de casca de arroz em substituição ao cimento Portland também foi analisado pela produção de argamassas. Com o teor de 15% de substituição, as argamassas apresentaram o espalhamento mínimo de 300mm sem segregação. Nas argamassas foram utilizados os teores de aditivos de 0,42% para o traço de referência e 0,54% para o traço com 15% de cinza de casca de arroz.

Em continuação à determinação dos traços do concreto, definiu-se a quantidade de agregados em massa (m), optando-se pela utilização de m = 4. Isso ocorreu pela busca de uma quantidade de agregado que não facilitasse a segregação e nem elevasse o custo concreto.

A quantidade de aditivo inicialmente foi baseada nos teores obtidos nos ensaios com argamassas. Porém, tais porcentagens não apresentaram espalhamento mínimo necessário, tornando-se necessário o aumento do teor de aditivo.

Ao final chegou-se à quantidade de 1% de aditivo sobre a massa de aglomerante, fixado como porcentagem máxima a ser adotada.

Segundo Gomes (2009), a relação água/cimento é determinada em relação à resistência requerida, normalmente variando entre 0,35 e 0,40. Desta forma, determinou-se uma relação água/aglomerante de 0,40. Entretanto, após testes iniciais constatou-se que esta quantidade de água não era suficiente para o traço com cinza de casca de arroz, adotando-se relação água/aglomerante de 0,45.

Na Tabela 2 podem ser observados os traços adotados para a produção de concreto neste trabalho.

Tabela 2. Traços de concreto

| Traço | Cimento (Kg) | Cinza de casca de arroz (Kg) | Areia Natural (Kg) | Britas 0 e 1 (Kg) | Relação a/aglom | Aditivo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Referência | 1 | - | 1,8 | 2,2 | 0,40 | 1% |
| 15% de cinza | 0,85 | 0,15 | 1,8 | 2,2 | 0,45 | 1% |

### 2.3 Ensaios realizados

No estado fresco, foram analisadas as características do concreto quanto ao espalhamento, resistência à segregação e capacidade de passagem por meio dos ensaios de slump-flow test, Funil V e Caixa L, seguindo as normas NBR 15823-2:2017, NBR 15823-5:2017 e NBR 15823-4:2017, respectivamente.

Após os ensaios no estado fresco, foram moldados 3 corpos-de-prova cilíndricos de 10x20cm para cada traço utilizado. Após 24 horas, o concreto foi desmoldado. Após a desforma, foi analisada a massa específica do concreto e na sequencia os corpos-de-prova foram colocados em cura submersa até atingir a idade de ensaio.

Quando atingidos os tempos de 7 e 28 dias de cura, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão na prensa EMIC DL 30000, conforme a norma NBR 5739:2018.

Além disso, visando avaliar a microestrutura do concreto, principalmente a qualidade da zona de transição entre o agregado graúdo e a argamassa no concreto, foram retiradas amostras dos concretos submetidos ao ensaio de resistência à compressão aos 28 dias e as mesmas foram analisadas por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

## 3. RESULTADOS

Após a moldagem do concreto conforme os traços estabelecidos, realizou-se o ensaio de slump-flow test, Funil V e Caixa L. No ensaio de espalhamento ambos os traços não apresentaram segregação, ocorrendo o espalhamento uniforme dos agregados em toda área de concreto. Já nos ensaios de Funil V e Caixa L obtiveram-se resultados positivos no concreto de referência, porém o concreto com cinza de casca de arroz apresentou resultados fora dos limites estabelecidos para concretos autoadensáveis, como pode ser visto na Tab. 3 a seguir relacionada.

Tabela 3. Propriedades do concreto no estado fresco

| Traço | Espalha-mento | Valores limites espalhamento | Tempo de escoamento funil V | Valores limites funil V | Relação H2/H1 caixa L | Valores limites H2/H1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Referência | 650mm | Entre 600 e 800mm | 9s | Entre 5 e 10s | 0,89 | Entre 0,8 e 1 |
| 15% de cinza | 640mm | | 16s | | 0,26 | |

Na Tabela 4 encontram-se os resultados dos ensaios de massa específica e resistência à compressão dos dois traços de concreto.

Tabela 4. Propriedades do concreto no estado endurecido

| Traço | Tempo de cura | Massa específica (kg/m³) | Resistência à compressão (MPa) | Desvio padrão | Coeficiente de variação |
|---|---|---|---|---|---|
| Referência | 7 dias | 2460,32 | 22,72 | 1,56 | 6,87 |
| 15% de cinza | | 2469,57 | 33,96 | 1,17 | 3,46 |
| Referência | 28 dias | 2455,01 | 32,90 | 3,11 | 9,44 |
| 15% de cinza | | 2480,05 | 42,64 | 0,29 | 0,68 |

É possível constatar que a massa específica do concreto com utilização de cinza de casca de arroz foi superior ao concreto convencional em ambas as idades. Isso vem ao encontro do que os autores Shazim, Muhammad e Hassan (2010) apresentam, confirmando a hipótese de que devido a sua granulometria, a cinza preenche os vazios do cimento a partir da produção de C-S-H, o qual preenche os poros.

Com relação à resistência à compressão, ocorre um aumento significativo na resistência ao se adicionar a cinza de casca de arroz. Comparando os resultados, para a idade de cura de 7 dias, o traço com 15% de cinza alcançou resistência 33,10% superior ao traço de referência. Já para o tempo de cura de 28 dias, o traço com 15% de cinza foi 22,84% superior ao traço de referência.

Por meio de análise estatística, utilizando o teste F (ANOVA) com nível de significância de 5%, tanto aos 7 como aos 28 dias de cura, as resistências dos dois traços não podem ser consideradas iguais estatisticamente.

Visando identificar alterações na microestrutura do concreto nos diferentes traços, analisou-se amostras de cada concreto por meio do ensaio de MEV. As Fig. 1, 2 e 3 apresentam os resultados desse ensaio.

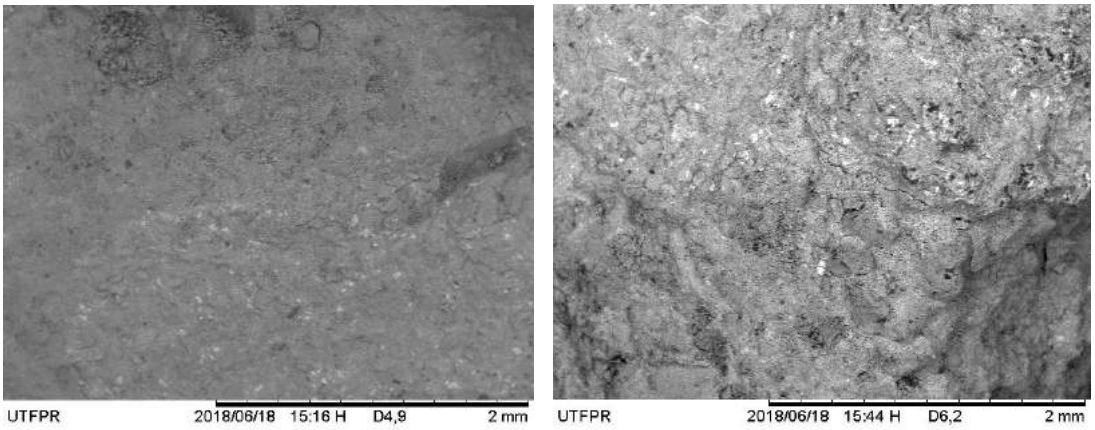



Figura 1. Ensaio de microscopia eletrônica de varredura com enfoque na zona de transição com aumento de 50x
(a) traço referência (b) traço 15% de cinza

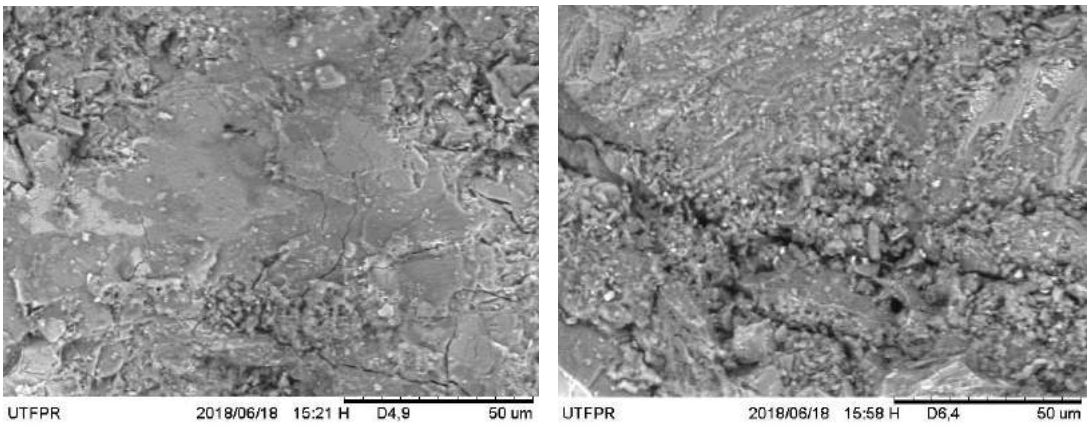



Figura 2. Ensaio de microscopia eletrônica de varredura com enfoque na zona de transição com aumento de 1200x
(a) traço referência (b) traço 15% de cinza

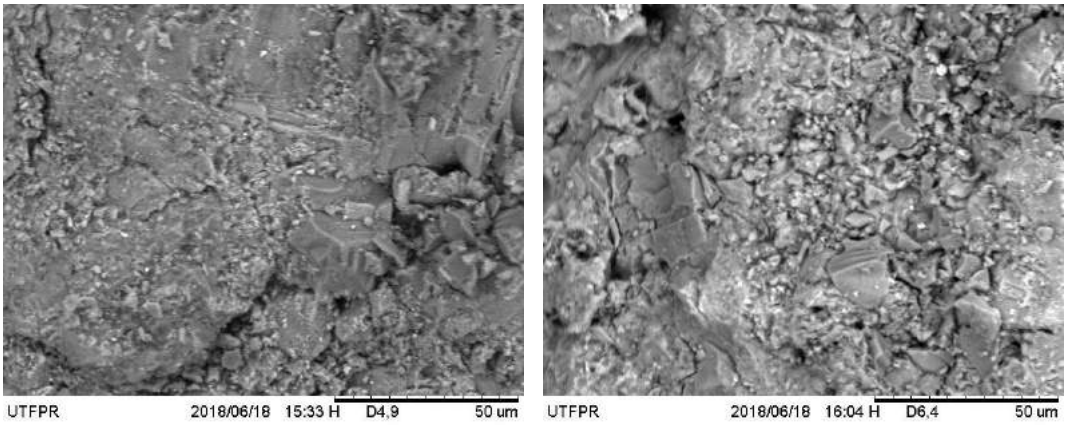



Figura 3. Ensaio de microscopia eletrônica de varredura com enfoque na argamassa com aumento de 1200x
(a) traço referência (b) traço 15% de cinza

A zona de transição, tanto no traço de referência como no traço com 15% de cinza, apresenta fissuras, entretanto, as mesmas não possuem dimensão significativa. As imagens do concreto com traço de 15% de cinza são menos porosas e fissuradas, tal fato se justifica pela presença cinza da casca de arroz, que é responsável pela formação do gel C-S-H (gel silicato de cálcio hidratado) no entorno das partículas de concreto, que preenche os poros da matriz, aumentando a resistência do CAA e reduzindo a quantidade de fissuras na zona de transição e em toda sua composição.

Considerando os valores de dosagem dos concretos produzidos realizou-se uma comparação com os valores típicos de consumo de materiais no concreto autoadensável, de acordo com Repete e Isaia (2011).

Tabela 5. Consumos típicos de material conforme Repete e Isaia (2011)

| | **Referência** | **15% de cinza** | **Valores limites** |
|---|---|---|---|
| Consumo de cimento (kg/m³) | 455 | 454 | 350 - 450 |
| Consumo de finos (kg/m³) | - | - | 150 - 250 |
| Relação água/finos | 1,2 | 1,4 | 0,8 - 1,1 |
| Volume de agregado miúdo na fração de argamassa | 48 | 47 | 35 - 50% |
| Volume de agregado graúdo na fração de concreto | 34 | 35 | 25 - 35% |

Analisando a Tabela 5 pode-se verificar que o consumo de cimento e a relação água/finos ultrapassaram os limites estabelecidos. Em função da utilização de um valor de m mais baixo (m = 4), ocorreu um aumento no consumo de cimento para produção de um mesmo volume de concreto. Já o maior consumo de água ocorreu em função da elevada superfície específica dos finos utilizados nesse concreto.

## 4. CONCLUSÕES

Ao término deste trabalho, constata-se que a cinza de casca de arroz auxilia na melhoria da resistência à compressão do concreto, proporcionando significativo aumento nesta propriedade. Além disso, contribui no preenchimento de vazios na matriz do concreto, elevando a massa específica do mesmo.

Foi possível desenvolver um concreto autoadensável encontrando a proporção ideal entre os materiais e aditivo superplastificante. No entanto, reduzindo o consumo de cimento com o emprego da cinza da casca de arroz, algumas propriedades importantes no estado fresco foram prejudicadas. Se por um lado a cinza de casca de arroz auxiliou no controle da segregação, por outro lado diminuiu a trabalhabilidade do concreto, dificultando a obtenção da dosagem ideal de aditivo superplastificante.

Com base na bibliografia, o concreto referência se classifica como concreto autoadensável, atendendo todas as propriedades analisadas no estado fresco. Já o concreto utilizando cinza de casca de arroz não se classifica como concreto autoadensável.

Com isso, pode-se concluir que a cinza de casca de arroz pode melhorar algumas propriedades do concreto autoadensável, mas, para tal, é necessária uma dosagem coerente, com utilização de materiais adequados, caso contrário, podem ser obtidos resultados insatisfatórios.

Tendo em vista que outros estudos similares obtiveram resultados positivos no estado fresco do concreto com o emprego de cinza de casca de arroz, conclui-se que as características físicas e químicas do material utilizado influenciam os resultados obtidos. Nesse sentido, recomenda-se a realização de maiores estudos com esta cinza de casca de arroz em concretos autoadensáveis, com utilização de maiores porcentagens de aditivo superplastificante e diferentes traços, com diferentes porcentagens de substituição ou até mesmo utilização de cinza de casca de arroz como uma adição ao concreto autoadensável.

## 5. REFERENCES

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Agregados* - Determinação da massa unitária e volume de vazios. NBR NM 45. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____.*Concreto* – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 5739. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____.*Calda de cimento para injeção.* Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil – Método de ensaio. NBR 7681-2. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____.*Concreto Autoadensável.* Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual – Método do cone de Abrams. NBR 15823-2. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____.*Concreto Autoadensável.* Parte 4: Determinação da habilidade passante – Métodos da caixa L e da caixa U. NBR 15823-4. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____.*Concreto Autoadensável.* Parte 5: Determinação da viscosidade – Método do funil V. NBR 15823-5. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

Goltermann, P.; Johansen, V.; Palbol, L., 1997. Packing of aggregates: anmalternative tool to determine the optimal mix. *ACI Materials Journal*, No. 94, p. 435-443.

Gomes, P.C.C.; Barros, A.R., 2009. *Métodos de dosagem de concreto autoadensável.* São Paulo: Pini.

Repette, W., Isaia, G. C., 2011. *Concretos Ciência e Tecnologia.* São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), v.2.

Safiuddin Md.; West J.S.; Soudki K.A., 2011. Flowing ability of the mortars formulated from self-compacting concretes incorporating rice husk ash. *Construction and Building Materials.* Department of Civil and Environmental Engineering, University of Waterloo, Ontario, Canada.

Sandhu, R. K.; Siddique, R., 2017. Influence of rice husk ash (RHA) on the properties of self-compacting concrete: A review. *Construction and Building Materials.* Department of Civil Engineering, Thapar University, Punjab, India.

Sathler, J. E. V.; Santos, L. M.; Barbosa, F. A.; Cabral, S. C., 2017. Comparativo do concreto convencional com o concreto auto-adensável. *Revista Vozes dos Vales.* Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Minas Gerais.

Shazim, A.M.; Muhammad, A.S.; Hassan A., 2010. Utilization of rice husk ash as viscosity modifying agent in self compacting concrete. *Construction and Building Materials*, pp.1044-1048.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CIMENTO SUPERSULFATADO – UMA ALTERNATIVA CIMENTÍCIA

**Priscila Ongaratto Trentin**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
priscila-trentin@hotmail.com

**Janaína Sartori Bonini**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
janatoribon@yahoo.com.br

**Caroline Angulski da Luz**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
angulski@utfpr.edu.br

***Resumo.*** *O concreto é um dos materiais construtivos mais utilizados no mundo e chama a atenção pela grande quantidade de gás carbônico emitido na produção de seu principal componente, o cimento. Nesse sentido, a busca por cimentos alternativos tem despertado crescente interesse em uma sociedade que busca reduzir a emissão de gases poluentes para a atmosfera. O cimento supersulfatado surge como uma alternativa ao cimento Portland pois, além de minimizar os impactos ambientais causados pelos materiais empregados na construção civil, apresenta alta resistência à compressão, baixo calor de hidratação e boa durabilidade em ambientes quimicamente agressivos. É constituído por escória de alto-forno (até 90%), sulfato de cálcio (10-20%) e uma pequena quantidade de ativador alcalino (até 5%). Embora seja uma boa opção para substituir o cimento Portland, o cimento supersulfatado ainda não é muito utilizado em função da falta de estudos mais aprofundados na área.*

***Palavras-chave:*** *cimentos alternativos, cimento superfulfatado, escória de alto-forno.*

## 1. INTRODUÇÃO

Paralelamente à expansão do setor de construção civil observam-se problemas relacionados à preservação de recursos naturais e impactos ambientais. Atualmente, somente a indústria cimenteira é responsável por 5% de toda emissão de gás carbônico ($CO_2$) mundial e espera-se que o consumo de cimento global dobre até o ano de 2025. O grande responsável pelas emissões de $CO_2$ na produção de cimento Portland, chegando a valores próximos de 150 mil toneladas por ano (Lopes, 2011), é o processo de clinquerização, que requer grandes quantidades de energia e libera, consequentemente, grandes quantidades desse gás. Além disso, os resíduos industriais gerados são fonte de degradação ambiental, gerando preocupações para grandes indústrias siderúrgicas e cimenteiras.

Devido ao alto calor de hidratação do cimento Portland e a baixa condutividade térmica do concreto, o processo de hidratação do cimento provoca um aumento da temperature interna do concreto, gerando fissuras no mesmo durante o período de resfriamento (Lothenbach *et al.*, 2011). A partir desses problemas, passou-se a desenvolver materiais alternativos que abrangessem, além da redução do calor de hidratação, tanto uma diminuição na emissão de gases poluentes, quanto à reutilização de subprodutos industriais.

Um exemplo de produto desenvolvido visando reduzir a poluição ambiental é o cimento supersulfatado (CSS). Sendo obtido por meio da utilização de subprodutos da indústria do aço, o CSS praticamente não libera gás carbônico durante seu processo produtivo.

A escória de alto-forno, principal matéria-prima para produção do CSS, é obtida durante a produção de ferro-gusa nas indústrias siderúrgicas e se assemelha a um grão de areia. Antigamente as escórias de alto-forno eram consideradas como um material sem maior utilidade, até ser descoberto que elas também tinham a propriedade de ligante hidráulico, ou seja, que reagem em presença de água desenvolvendo características aglomerantes de forma muito semelhante ao clínquer. Essa descoberta tornou possível adicionar a escória de alto-forno à moagem do clínquer com gipsita, guardadas certas proporções, e obter, como resultado, um tipo de cimento que, além de atender plenamente aos usos mais comuns, apresenta melhoria de algumas propriedades, como maior durabilidade e maior resistência final (ABCP 2002).

Apesar disso, a aplicação de novos materiais na construção civil normalmente encontra resistência, principalmente por questões culturais e por falta de estudos mais avançados na área.

Diante disso, esta revisão bibliográfica visa contribuir com o estudo do cimento supersulfatado no Brasil.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Questão ambiental

As exigências de desenvolvimento sustentável colocam no setor da construção a responsabilidade de inovar visando reduzir a energia utilizada e a emissão de gases poluentes durante os processos de fabricação de materiais de construção (Juenger *et al.*, 2011; Taylor, 2013).

O cimento Portland é o principal aglomerante hidráulico usado na produção de concreto atualmente. É um produto industrializado que não apenas consome energia (4GJ / tonelada de cimento), mas também emite grande quantidade de $CO_2$ para a atmosfera (1 tonelada de clínquer = 1 tonelada de $CO_2$) (Mehta e Monteiro, 2014).

Cimentos alternativos têm despertado crescente interesse da construção civil em uma época em que a preocupação com os níveis de gás carbônico e resíduos lançados no meio ambiente tem aumentado. Nesse contexto, o cimento supersulfatado se destaca pela sua contribuição ambiental, tanto na redução de emissão de gases poluentes quanto na utilização de fontes alternativas de materiais e resistência a ambientes agressivos.

Para reduzir o impacto ambiental da construção civil no meio ambiente a na vida humana, torna-se indispensável o desenvolvimento de materiais com menor consumo energético e lançamento de poluentes e, ao mesmo tempo, buscar tecnologias para aumentar a vida útil das estruturas, reduzindo a frequência das reconstruções e/ou favorecendo a reciclagem dos materiais (Bertolini, 2010).

Além das vantagens com relação à questão ambiental, o cimento supersulfatado apresenta alta resistência à compressão, baixo calor de hidratação, boa durabilidade em ambientes quimicamente agressivos (Matschei *et al.*, 2005; Gruskovnjak *et al.*, 2008; Juenger *et al.*, 2011) e um bom desempenho a baixas temperaturas (Angulski da Luz e Hooton, 2015).

### 2.2 Cimento supersulfatado

Surgindo como uma alternativa para substituir o cimento Portland, o CSS foi fabricado pela primeira vez em 1908, quando descobriu-se que as propriedades hidráulicas das escórias de alto-forno solidificadas em estado vítreo poderiam ser ativadas por materiais básicos como o hidróxido de cálcio ou então com materiais sulfúricos como a gipsita (Woltron, 2009).

O cimento supersulfatado é um aglomerante hidráulico, ou seja, é um material inorgânico, finamente moído que, quando misturado com água, forma uma pasta que endurece por meio de reações e processos de hidratação, e que, após o endurecimento, mantém a sua resistência e estabilidade mesmo sob água (EN 15743, 2010).

Atualmente, o cimento supersulfatado desperta interesse devido ao grande impacto ambiental causado pela produção de cimento Portland. A decomposição do calcário é uma das fases da produção do clínquer onde uma grande quantidade de dióxido de carbono ($CO_2$) é emitida para a atmosfera, representando 5% das emissões globais (Lopes, 2011).

O cimento supersulfatado é composto por uma mistura de escória granulada de alto forno (até 90%), sulfato de cálcio (até 20%) e uma pequena quantidade de um ativador alcalino (até 5%). As escórias que apresentam alto teor de basicidade podem reagir na presença exclusiva de gipsita (fonte de sulfato de cálcio). Porém, as de baixo teor de CaO precisam de um ativador adicional, por exemplo, cal hidratada, clínquer, hidróxido alcalino (Gruskuvnjak *et al.*, 2008).

O ativador alcalino é o responsável pelo aumento do pH necessário para a dissolução da escória. Como pode ser observado na reação simplificada representada pela equação (1), os principais componente da escória (íons de alumínio, cálcio e sílica) reagem com uma fonte sulfato de cálcio na presença de água. Quase que imediatamente ao início da reação, ocorre a formação de etringita, que é a espécie química responsável pela resistência inicial. Após dois ou três dias de reação ocorre a formação dos silicatos de cálcio hidratado (CSH) com crescimento progressivo da resistência ao decorrer do processo de hidratação (Gruskovnjak *et al.*, 2008).

$$Ca_2Al_2Si_2O_7 + X(OH)_X + 3CaSO_4 + 34H_2O \rightarrow Ca_6Al_2(OH)_{12}(SO_4)_3.26H_2O + 3CSH \quad (1)$$

Como resultados desse processo pode ainda ocorrer a formação de gipsita ($CaSO_4.2H_2O$), hidrotalcita ($Mg_6Al_2CO_3(OH)_{16}.4H_2O$) e AFm ($[Ca_2(Al,Fe)(OH)_6]$ que não são considerados principais produtos de hidratação (Juenger *et al.*, 2011).

## 2.3 Materiais constituintes

### 2.3.1 Escória de alto-forno

A fabricação do ferro-gusa, matéria-prima para produção do aço de construção, se realiza em unidades industriais chamadas de altos-fornos, nos quais se reduzem os óxidos contidos no minério de ferro, separando as impurezas que os acompanham, e da fusão dessas impurezas juntamente com materiais fundentes como o calcário e a dolomita, são formadas as escórias de alto-forno (Isaia, 2011).

O ferro-gusa pode ser gerado a partir da utilização de dois combustíveis: o carvão vegetal ou o coque. Quando utilizado o carvão vegetal, a mistura deste com o minério de ferro e fundentes (quartzo e calcário, por exemplo) transforma-se em gusa líquido, escória, gás de alto-forno e poeira (Souza Júnior, 2007). O uso de carvão coque transforma o óxido de ferro do minério em ferro metálico em alto forno e, em temperaturas elevadas (1400 °C). A cinza do carvão e as impurezas do minério são escorificadas por calcário e dolomita introduzidos no processo como fundentes, gerando ferro gusa e a escória (Pereira, 2010).

A escória é considerada uma fase líquida homogênea, formada a partir de vários óxidos que se separam da fase metálica do processo por serem insolúveis e de menor densidade (Keles, 2011).

As escórias classificam-se em ácidas ou básicas, de acordo com a relação $CaO/SiO_2$; quando o resultado é <1 a escória é classificada como ácida, e, quando é >1, a escória é básica (John e Agopyan, 2002). Os combustíveis carvão mineral (coque) e o carvão vegetal são normalmente responsáveis pelo teor básico e ácido da escória gerada, respectivamente (Varela, 2016).

O processo de resfriamento interfere nas propriedades da escória gerada. Quando resfriada ao ar, os componentes da escória formam fases cristalinas, fazendo com que a mesma perca parcialmente seu potencial cimentante (Isaia, 2011; Mehta e Monteiro, 2014). Quando resfriada bruscamente, normalmente por jatos de água ou vapor sob alta pressão, não há tempo para a formação de cristais, resultando em um material amorfo e potencialmente reativo, com granulometria similar ao da areia natural e propeiedades aglomerantes (Souza Júnior, 2007; Isaia, 2011).

A composição química e a estrutura física das escórias de alto-forno podem variar de acordo com a eficiência de operação do forno, do teor de minérios utilizados e do método de resfriamento, mas, como pode ser observado na Tabela 1, os principais components presentes nas escórias de alto-forno, também fazem parte da composição do cimento Portland (John, 1995; Mehta e Monteiro, 2014).

Tabela 1. Composição das escórias de alto-forno em comparativo com o cimento Portland

| Componente | Escória Básica | Escória Ácida | Cimento Portland |
|---|---|---|---|
| **CaO** | 40 - 45 | 24 - 39 | 66 |
| **$SiO_2$** | 30 - 35 | 38 - 55 | 22 |
| **$Al_2O_3$** | 11 - 18 | 8 - 19 | 5 |
| **MgO** | 2,5 - 9 | 1,5 - 9 | - |
| **$Fe_2O_3$** | 0 - 2 | 0,4 - 2,5 | 3 |
| **FeO** | 0 - 2 | 0,2 - 1,5 | - |
| **S** | 0,5 - 1,5 | 0,03 - 0,2 | - |
| **($CaO/SiO_2$)** | 1,31 | 0,68 | 3 |

Fonte: John, 1995 *apud* Gracioli, 2016.

### 2.3.2 Sulfato de cálcio

O sulfato de cálcio necessário para a produção de cimento supersulfatado pode ser obtido por meio de fontes naturais ou artificiais, como a gipsita e o fosfogesso (Schaefer, 2013). A gipsita é um mineral de baixa dureza composto de cálcio di-hidratado ($CaSO_4.2H_2O$) utilizada principalmente para a produção de gesso por meio de sua calcinação, transformando-a em sulfato de cálcio hemidrato. A gipsita é então aplicada como material da construção civil ou como adição ao cimento Portland, principalmente pela sua capacidade de retardamento de pega (Canut *et al.*, 2008).

Nos últimos anos vem crescendo o interesse por fontes alternativas de sulfato de cálcio para aplicação em novos aglomerantes, como é o caso do fosfogesso (Gracioli *et al.*, 2015). O fosfogesso é um subproduto da indústria de fertilizantes gerado a partir da produção de ácido fosfórico. Durante o processo, uma rocha fosfática reage com o ácido sulfúrico, gerando um precipitado de sulfato de cálcio. A composição do fosfogesso consiste em principalmente sulfato de cálcio dihidratado com quantidades pequenas de sílica, além de algumas impurezas (Mazzilli, 2006 *apud* Varela, 2016).

Como pode ser observado na Tabela 2, a gipsita e o fosfogesso apresentam propriedades químicas semelhantes.

Tabela 2. Comparação da composição química de duas fonts de sulfato de cálcio (%)

| Componente | Gipsita | Fosfogesso |
|---|---|---|
| **$SO_3$** | 43,5 | 46,8 |
| **CaO** | 35,2 | 38,5 |
| **$SiO_2$** | 0,5 | 1 |
| **$Al_2O_3$** | 0,1 | 0,3 |
| **$Fe_2O_3$** | 0,7 | 0,2 |
| **$P_2O_5$** | 0,6 | - |
| **MgO** | - | 0,2 |
| **SrO** | 0,7 | 0,1 |
| **$TiO_2$** | 0,4 | - |
| **$K_2O$** | - | 0,1 |
| **MnO** | - | <0,1 |
| **BaO** | 0,3 | - |
| **$CeO_2$** | 0,2 | - |
| **F** | 0,2 | - |

Fonte: Gracioli *et al.*, 2015.

2.3.3 Ativador alcalino

O ativador alcalino tem como função elevar o pH da matriz, degradando a película protetora que reveste os grânulos da escória de alto forno, facilitando sua dissolução (John & Agopyan, 2002).

Os ativadores alcalinos mais utilizados na composição de cimentos alternativos são o cimento Portland ou o clínquer do cimento Portland, o hidróxido de potássio (KOH), o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) e o carbonato de sódio ($Na_2CO_3$) (Juenger *et al.*, 2011).

## 3. CONCLUSÕES

O desenvolvimento de novos materiais construtivos, baseados na redução dos impactos ambientais, tornou-se primordial atualmente. Nesse sentido, justificam-se estudos mais aprofundados na área de desenvolvimento de novos materiais.

O cimento supersulfatado, devido à utilização de escórias de alto-forno, influencia beneficamente muitas propriedades do concreto, como a durabilidade ao ataque de sulfatos e ácidos. Os ataques por estes compostos são comuns, afetando a durabilidade e vida útil das estruturas dos materiais cimentícios a curto e longo prazo, causando danos como expansão, fissuração e deterioração em tais estruturas.

Portanto, o cimento supersulfatado é uma boa opção para substituir o cimento Portland pois, além de minimizar os impactos ambientais causados pela produção do clínquer, proprociona melhora nas propriedades do concreto.

## 4. REFERÊNCIAS

Angulski da Luz, C.; Hooton, R. D. Influence of curing temperature on the process of hydration of supersulfated cements at early age. *Cement and Concrete Research*. 2015;77:69–75.

Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP. *"Guia básico de utilização do Cimento Portland"*. Boletim técnico 106, São Paulo, 2002.

Bertolini, L. *Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção.* Trad. L. M. M. D. BECK. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

Canut, M. M. C.; Jacomino, V. M. F.; Bratveit, K.; Gomes, A. M.; Yoshida, M. I. Microstructural analyses of phosphogypsum generated by Brazilian fertilizer industries. Materials Characterization, v. 59, p. 365–373, 2008. *Cement and Concrete Research* 38. p. 983–992. 2008

EN 15743, *Supersulfated cement-composition, specification and conformity criteria*, European Committe for Standardization (CEN), Brussels, Belgium, 2010.

Gracioli, B. *Influência da temperatura de calcinação do fosfogesso no desempenho de cimentos supersulfatados.* 2016. 108 p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

Gracioli, B.; Varela, M. F. V.; Rubert, S.; Angulski da Luz, C.; Pereira Filho, J. I.; Hooton, D. R. Valorization of phosphogypsum in Supersulfated Cement (SSC): a contribution for binders free of CO2 emissions. *16º NOCMat.* 2015.

Gruskovnjak, A.; Lothenbach, B.; Holzer, L.; Figi, R.; Winnefeld, F. Hydration of alkali-activated slag: comparison with ordinary Portland cement. In: *Advances in Cement Research*, N.18, pp.119-128, 2006.

Gruskovnjak, A.; Lothenbach, B.; Winnefeld, F.; Figi, R.; Ko, S. C.; Adler, M.; Mäder, U. Hydration mechanisms of super sulphated slag cement. In: *Cement and Concrete Research.* Pp.983–992, 2008.

John, V. M.; Agopyan, V. *Reciclagem De Escória De Alto Forno No Brasil*. John & Agopyan, n. 1, p. 1–5, 2002.

Juenger, M. C. G.; Winnefeld, F.; Provis, J. L.; Ideker, J. H. Advances in alternative cementitious binders. In: *Cement and Concrete Research*, N.41, p.1232-1243, 2011.

John, V. M. *Cimento de escória ativada com silicatos de sódio*.1995. 199 p. Tese de Doutorado em Engenharia. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo –USP. São Paulo, 1995.

Isaia, Geraldo C. *Concreto:* Ciência e Tecnologia. 1. ed. São Paulo, IBRACON, 2011. 2v. p. 1026-1027.

Keles, K. C. *Influência da basicidade da Escória de Alto-forno como adição ao concreto.* UFOP - CETEC - UEMG. Dissertação de Mestrado, p. 99, 2011.

Lopes. D. F. *Créditos de carbono na indústria do cimento.* 2011. 34 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

Lothenbach, B.; Scrivener, K.; Hooton, R. D. Supplementary cementitious materials, *Cement and Concrete Research*. 41 (12) (2011) 1244–1256.

Matschei, T.; Bellmann, F.; Stark, J. Hydration behaviour of sulphate- activated slag cements. *Adv Cem Res.* 2005;17:167–78.

Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. *Concreto:* Microestrutura, Propriedades e Materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. p. 166-175, 338-340.

Pereira, R. S. *Ativação de cimento siderúrgico.* 2010. 41 p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil , Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2010.

Schaefer, C. O. *Valorização de fonte alternativa de sulfato de cálcio para a produção de argamassas autonivelantes.* UFSC. Tese de Doutorado, 2013.

Souza Júnior, D. S. de. *Estudo do comportamento de Escórias de Alto-forno a carvão vegetal produzidas a partir de ativação à quente.* UFMG. Dissertação de Mestrado, p. 127, 2007.

Taylor, M. G. *Novel cements:* low energy, low carbono cements. Mineral ProductsAssociation – MPA. Cement Fact Sheet 12. 2013. Disponível em: < http://cement.mineralproducts.org/documents/FS_12_Novel_cements_low_energy_low_carbon_cements.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

Varela, M. V. F. Comportamento do cimento supersulfatado ao ataque por sulfatos. 2016. 104 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federeal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Woltron, G. *The utilisation of GGBFS for advanced supersulfated cements.* World Cement, 2009.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SISTEMA LIGHT STEEL FRAME COMO SOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Brunna Lunardi Boldrini**
**Júlia Scalabrin**
Universidade Regional Integrada – URI – Erechim, RS 331, Nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
brunnaboldrini@hotmail.com
ju-scalabrin@hotmail.com

**Renan Scapinello**
Universidade Regional Integrada – URI – Erechim, RS 331, nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
renan.ecv@gmail.com

***Resumo.*** *O artigo apresenta uma análise sobre o uso do sistema construtivo Light Steel Frame a fim de orientar arquitetos e profissionais da área na concepção de projetos de edificações com o sistema exposto. O crescimento do mercado da construção civil brasileira, somado ao atual cenário de competitividade e sustentabilidade, fomenta iniciativas para melhorias e modernização do setor. Com o intuito de evoluir e ganhar em competitividade, a implantação de novos sistemas construtivos e princípios de gestão mais eficientes é uma alternativa para garantir a qualidade dos serviços e da edificação. A construção em Light Steel Frame apresenta-se como um sistema construtivo de elaboração racional, caracterizado pelo uso de perfis formados a frio de aço galvanizado compondo sua estrutura e por subsistemas que proporcionam uma construção industrializada a seco. A utilização deste novo sistema construtivo resulta em uma considerável redução na mão de obra, custo, geração de resíduos, consumo de água e prazos de obra, otimizando o processo de construção civil se comparado aos métodos convencionais, contribuindo para a modernização da construção civil brasileira que ainda deve buscar a adequação à diversidade construtiva nacional.*

***Palavras-chave:*** *aço, light steel frame, construção civil, sistema construtivo.*

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento do mercado da construção civil brasileira, somado ao atual cenário de competitividade e sustentabilidade, fomenta iniciativas para melhorias e modernização do setor. O Brasil passa por uma demanda habitacional crescente, e com ela temos a busca por produtos que proporcionem conforto e inovação, levando sempre em consideração o aspecto ambiental. Com o intuito de evoluir e ganhar em competitividade, a implantação de novos sistemas construtivos e princípios de gestão mais eficientes é uma alternativa para garantir a qualidade dos serviços e da edificação.

Neste contexto, Santos et al. (1996, *apud* MILAN, *et al.*, 2011) afirmam que há notável crescimento na concorrência entre as empresas construtoras, este aumento da competitividade tem exigido das empresas brasileiras um melhor aproveitamento de seus recursos por meio da adoção de novas estratégias empresariais. Por este ângulo, De Toni, Milan e Schuler (2006, *apud* MILAN, *et al.*, 2011) afirmam que a utilização de novos produtos tem sido importante para a criação e manutenção de um nível adequado de competitividade das empresas junto ao mercado. Além disso, a implementação de novos produtos propicia, segundo Kotler e Keller (2006, *apud* MILAN, *et al.*, 2011), o aumento da fatia de mercado das empresas, melhorando assim sua lucratividade e rentabilidade.

No Brasil, a construção de pequeno porte ainda é predominantemente artesanal, caracterizada pela baixa produtividade, imprecisões e imprevistos na produção, e, principalmente, pelo desperdício. A busca por industrialização e racionalização dos processos abre caminho para o uso de novas tecnologias (FREITAS; CRASTO, 2006; MCLEOD, 2009, *apud* MILAN, *et al.*, 2011). Segundo Freitas e Crasto (2006, *apud* MILAN, *et al.*, 2011), o caminho para mudar tal quadro passa necessariamente pela construção com mão de obra qualificada, otimização dos custos mediante a padronização, produção seriada e em escala e cronogramas rígidos de planejamento e execução. Uma teoria que embasa todos esses fatores é denominada *Lean Construction* (Construção Enxuta), preza pela redução do ciclo de desenvolvimento e produção, juntamente com a redução dos desperdícios.

Sendo a redução do tempo de produção um dos objetivos da *Lean Construction*, nota-se que os processos de conversão que existem nos canteiros de obras de sistemas construtivos convencionais são conflitantes com relação a tal filosofia. Com o intuito de eliminação ou redução das atividades de fluxo (atividades que não agregam valor ao produto final, como transporte, espera e inspeção Koskela (1992) citado por Vivan *et al.* (2010) no canteiro de obras, o sistema construtivo *Light Steel Frame* aparece como uma importante alternativa. Nele, as atividades de conversão ficam restritas à produção da fundação e, eventualmente, a algum tipo de adequação de componentes.

## 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA EM LIGHT STEEL FRAME

O sistema *Light Steel Frame (LSF)* é internacionalmente conhecido, possui insumos totalmente industrializados, o que possibilita controle de qualidade, há a facilidade na obtenção dos perfis de aço no mercado nacional e facilidade de montagem (FREITAS; CRASTO, 2006; LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE, 2009, *apud* MILAN, *et al.*, 2011). Segundo Melhado (1994, *apud VIVAN et al., 2010*), a racionalização é um princípio que pode ser utilizado por meio da simplificação de operações e aumento da produtividade que resulte na diminuição de custos, desta forma, o sistema *LSF* torna-se excelente modelo, pois possibilita atividades essencialmente de montagem.

O *LSF* é definido por Burstrand (1998) como um sistema construtivo que consiste na utilização, exclusivamente, de materiais "secos", como perfis de aço formados a frio para estrutura, placas de gesso acartonado para vedação e lã de rocha para isolamento térmico, por exemplo. Pode ser caracterizado também por ser um esqueleto estrutural leve composto por perfis de aço galvanizado, constituído de painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado, entre outros componentes. O fechamento do painel é proporcionado por placas de diversos tipos de materiais, sendo as mais usuais no Brasil para fechamento externo a placa cimentícia e o OSB (*Orinteded Strand Board*), e na parte interna a placa de gesso acartonado (CENTRO..., 2003, 2000; VELJKOVIC; JOHANSSON, 2006; AGÊNCIA..., 2015, *apud NOGUEIRA; CALLEJAS; DURANTE, 2018*). A figura 1 a seguir ilustra o sistema em *Light Steel Frame.*

**Figura 1.** Construção em Light Steel Frame. (USG, 2016)

Nos Estados Unidos, especificamente no século XIX, as construções conhecidas por *Wood Framing* eram largamente empregadas por serem métodos rápidos e produtivos (CONSUL STEEL, 2015, *apud NOGUEIRA; CALLEJAS; DURANTE, 2018*), a partir de 1933 com o desenvolvimento da indústria do aço, as construções em LSF ganham espaço. Apesar de não ser novidade para a indústria da construção civil brasileira, e ser largamente utilizado em países desenvolvidos, o sistema ainda é pouco utilizado nos projetos de edificações habitacionais quando comparados aos sistemas convencionais, dada a cultura de construção que existe no país. Em um estudo em que foram entrevistadas empresas que não utilizam o sistema, a pesquisa aponta que em 70% dos casos o sistema *Light Steel Frame* era desconhecido para o grande público, podendo acarretar uma possível barreira devido à insegurança do cliente em relação ao sistema (MILAN, et al., 2011).

Embora o *LSF* tenha sido comumente empregado em países como Estados Unidos, Inglaterra, Japão e Austrália há quase 30 anos, foi no início da década de 90 que seu uso foi intensificado com o desenvolvimento da cadeia produtiva, preços mais competitivos e formação de associações (Trebilcock, 1994, *apud* KAMINSKI, 2006).

Farah (1996, *apud VIVAN et al., 2010*) afirma que na construção civil não há um planejamento prévio sistemático da execução, envolvendo desde o projeto do canteiro de obras até a sequência das atividades produtivas, passando pelo planejamento das atividades de apoio, notando-se grande ineficácia com relação ao controle dos processos.

## 3. O SISTEMA EM LIGHT STEEL FRAME E AS EDIFICACAÇÕES

A utilização do sistema LSF gera uma série de vantagens, apontadas por Gorgolewski (2006 *apud COMPARAÇÃO..., 2011*) e NASFA (2011), como a alta resistência, baixo peso e grande precisão dimensional. Devido ao fato de o sistema *Light Steel Frame* possuir maior facilidade de controle, segundo Kiss (2009, *apud* MILAN, *et al.*, 2011), os custos de construção no sistema são similares aos de uma construção convencional, porém são menores em construções acima de 100,00m². O menor consumo de energia resultante da ausência do uso de água e de movimentação de materiais pesados também contribui para diminuição de custos indiretos em relação a uma construção com sistema convencional. A figura 2 ilustra uma edificação residencial sendo construída no sistema em Light Steel Frame.

**Figura 2.** Edificação em Light Steel Frame. (Adaptado de Construte, 2018)

Segundo Angelis e Serra (2014, *apud NOGUEIRA; CALLEJAS; DURANTE, 2018*), existem inúmeras possibilidades de fechamento, o que contribui para a elevação dos índices de desempenho tanto térmico quanto acústico Devido ao maior isolamento térmico, a redução de custos também acontece durante a vida útil da construção pela diminuição do consumo de energia na climatização dos ambientes. A figura 3 mostra a composição de uma parede em *Light Steel Frame* com o perfil metálico estruturante, seguido do sistema de isolamento, o painel em OSB, a membrane impermeabilizante, chapa cimentícia, a base de regularização e por fim, o acabamento.

Além da série de vantagens técnicas que o *Light Steel Frame* abrange, como insumos industrializados fabricados sob normas de qualidade, padronização de medidas e utilização de mão de obra especializada, uma das grandes vantagens do sistema estão na, geralmente, melhor qualidade dos acabamentos, menor tempo de entrega da obra, melhorias no conforto térmico e acústico e maior área útil devido a paredes com menor espessura. Ambientalmente, o sistema também é superior por gerar menor quantidade de resíduos, menor consumo de energia na movimentação de materiais, e menor impacto na implantação da obra.

Dentre os benefícios mais notáveis no uso do Sistema em *Light Steel Frame* em edificações está o fato de que os produtos que fazem parte do mesmo, contam com um padrão de tecnologia avançada, em que os elementos construtivos são fabricados industrialmente, onde a matéria prima utilizada, seus processos de produção e características técnicas passam por um exigente controle de qualidade. Além disto, o aço é um material amplamente utilizado pela indústria por ser de grande resistência e fácil obtenção, desde a matéria prima até seus produtos, logo, permite maior precisão dimensional e desemprenho estrutural, ainda, é um material incombustível e 100% recivlável.

O sistema possui facilidade de montagem, manuseio e transporte, devido a leveza dos elementos, e execução das ligações, tendo-se rapidez de construção, durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis. A construção a seco ainda minora o uso de recursos naturais e o desperdício. Todos os perfis utilizados são perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acartonado

facilitam as instalações elétricas e hidráulicas. Assim, a facilidade na execução das ligações, gera rapidez de construção, além de grande flexibilidade no projeto arquitetônico.

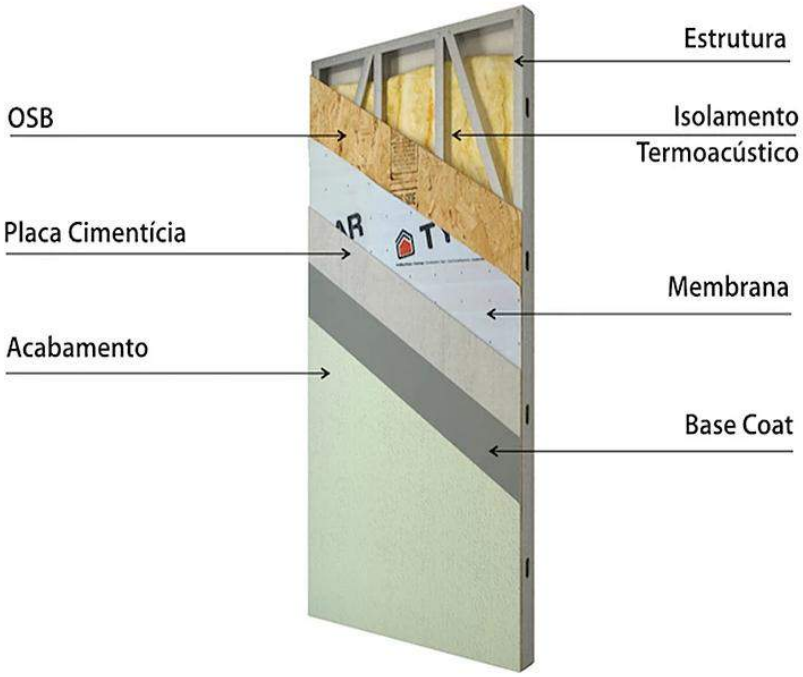



**Figura 3.** Parede em Light Steel Frame. (Adaptado de Construte, 2018)

Em estudo realizado por Fiess *et al*. (2004), citado por Vivan *et al*. (2010) foi comprovado que 35% das manifestações patológicas observadas nos conjuntos habitacionais analisados, produzidos com sistemas construtivos tradicionais, estavam ligadas a falhas de projeto e outras 50% de tais manifestações estariam relacionadas a falhas durante a execução. Assim, contribuindo para a melhora da qualidade da edificação, a adoção de sistemas industrializados, como o *LSF* viabilizada com maior eficácia durante a fase de projeto, a promoção de níveis elevados de racionalização construtiva. Porém, para se alcançar os benefícios da técnica na produção industrializada de habitações é obrigatório que haja uma mudança cultural no setor da Construção Civil, assim sendo, a utilização do *LSF* demanda que os projetos passem a considerar o modo como a edificação será montada (HÖÖK; STEHN, 2008, *apud VIVAN et al., 2010*).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notória a busca nacional por técnicas que melhor controlem os desperdícios e a eficiência na construção civil nacional. O tradicional aos poucos vem perdendo força e abrindo caminho para novos conceitos construtivos. Assim, é importante destacar, que o *Light Steel Frame* permite a flexibilização e a adequação estrutural independente da arquitetura, uma vez que pode ser aliado a outros sistemas. Ainda, a falta de conhecimento e resistência cultural, podem ser apontados como fator decisivo para a não difusão das técnicas do sistema em questão no Brasil.

Por ser o *Light Steel Frame* um sistema já consagrado internacionalmente e atender as necessidades básicas em termos técnologicos e sustentáveis, seu crescimento em edificações parece ser apenas uma questão de tempo. Com grande superioridade produtiva e qualitativa sobre os sistemas tradicionais, o *LSF* promove maior eficácia como filosofia de trabalho, garantindo às obras um caráter essencialmente de montage, minimizando incompatibilidades e desperdícios.

## 5. REFERÊNCIAS

CALDAS, L. R.; LIRA, J. S. de M. M.; MELO, P. C. de.; SPOSTO, R. M. Life cycle carbon emissions inventory of brick masonry and light steel framing houses in Brasilia: proposal of design guidelines for low-carbon social housing. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 71-85, jul./set. 2017.

CONSTRUTE. Disponível em: < https://www.construte.com.br/sistema-light-steel-framing-1>. Acesso em 14 setembro de 2018.

ENTECA, 2011. Comparação entre aspectos produtivos de edificações em light steel framing e alvenaria estrutural. Maringá.

KAMINSKI JUNIOR, J. Construções de light steel frame. 2006. *Disponível em:* <ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Construcoes_de_Light_Steel_Frame_Techne_n_112_2006.pdf>. *Acesso em: 28 ago. 2018.*

MILAN, G.S.; NOVELLO, R.V.; REIS, Z.C. A viabilidade do sistema light steel frame para construções residenciais. Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 07, n. 01: p. 189-209, 2011.

NOGUEIRA, J. R. da S.; CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C. Desempenho de painel de vedação vertical externa em Light Steel Framing composto por placas de madeira mineralizada. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 289-307, jul./set. 2018.

VIVIAN, A.L.; PALIARI, J.C.; NOVAES, C.C., 2010. Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva. Canela. Entac.

USG Brasil. Como selecionar a verdadeira chapa cimentícia para a sua obra em Light Steel Frame. 2016. Disponível em: < https://www.construliga.com.br/blog/como-selecionar-chapa-light-steel-frame>. Acesso em 14 setembro de 2018.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo trabalho realizado.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROCESSOS E APLICAÇÕES DA MADEIRA LAMINADA COLADA E DA MADEIRA LAMINADA CRUZADA COLADA

**Marjana Tortelli**
**Guilherme da Silveira Avenna**
Universidade Regional Integrada - URI - Erechim, RS 331, Nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
janatortelli@gmail.com
guilherme-da-silveira@hotmail.com

**Renan Scapinello**
Universidade Regional Integrada – URI – Erechim, RS 331, nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
renan.ecv@gmail.com

***Resumo.*** *O ramo da construção civil está sempre buscando inovações para redução de custos e resíduos, além da diminuição da retirada de matéria prima da natureza. Estruturas de madeira apesar de culturalmente menosprezadas e limitadas a suas características físicas e mecânicas, mostram-se cada vez mais em evidência, devido principalmente ao tino sustentável e renovável de sua matéria prima. Apresenta-se assim, como solução às limitações até então impostas a natureza das árvores, a Madeira Laminada Colada e a Madeira Laminada Cruzada Colada, produzidas através de um sistema de fabricação simplista, onde peças de madeira são coladas com adesivos estruturais, formando geometrias robustas capazes de maximizar as propriedades de suporte das madeiras e elevar sua aplicabilidade a praticamente qualquer situação e função. A utilização da madeira laminada colada fica passível a viabilidade de sua utilização, e a escolha do responsável pelo projeto, porém este é um excelente sistema construtivo, que possui um amplo campo de aplicação, e um futuro promissor na construção civil. Suas principais desvantagens podem ser corrigidas futuramente.*

***Palavras-chave:*** *Madeira Laminada Colada, Madeira Laminada Cruzada Colada.*

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material de origem biológica e sujeita à biodeterioração e mesmo sendo de mesma espécie, possui propriedades físicas e mecânicas variáveis. É utilizada como matéria-prima em diversas aplicações, como por exemplo, na construção civil, na produção de papel e celulose, na produção de móveis, entre outras aplicações.

No Brasil, a utilização da madeira na construção civil após a chegada das novas tecnologias, como o concreto e aço, sofreu um certo tipo de discriminação e sempre esteve vinculada a estruturas de coberturas, casas pequenas, estruturas de pequeno porte ou elementos de revestimentos e decorativos. Pórem, com o passar do tempo, uma nova tecnologia que utiliza a madeira e o adesivo estrutural como elementos base foi criada, esta tecnologia é chamada de Madeira Laminada Colada, ou MLC, e suas derivações, como a Madeira Laminada Cruzada Colada, e está mudando a visão da utilização da madeira na construção civil.

## 2. DEFINIÇÕES BÁSICAS

A técnica de produção da MLC consiste basicamente em se colar com adesivo estrutural a uma determinada pressão, lâminas de madeira, que podem estar com as fibras dispostas em uma mesma direção, como é o caso da Madeira Laminada Colada, utilizada principalmente como elemento de viga, como apresentado na figura 1, ou dispostas em direções diferentes, como é o caso da Madeira Laminada Cruzada Colada, mais comumente utilizada em fechamentos e lajes, por se tratar de um sistema em que a distribuição das cargas é igual para todas as direções, como ilustrado na figura 2.

Cada parte de madeira a ser aderida através de cola é denominada lamela, que deve possuir espessura e seção limitadas, variando conforme o objetivo do projeto final, geralmente nunca superiores a 3 cm de espessura. De uma

forma geral, pequenas lamelas de madeiras, se unem a fim de formar um elemento de maior rigidez e capacidade de suporte.

Figura 1. Estrutura em Madeira Laminada Colada

Figura 2. Painel em Madeira Laminada Cruzada Colada

A aplicação da MLC na construção civil se iniciou nos anos 90, na Áustria e Suíça. Esses países juntamente com Alemanha, Suécia, Noruega e Reino Unido lideram o uso de MLC no mundo nos últimos 20 anos.

As dimensões das peças da Madeira Laminada Colada podem variar desde peças pequenas, até peças com grandes vãos. Seu uso abrange desde casas, edifícios, pavilhões industriais, ginásios esportivos, pontes, coberturas, etc. Com o passar dos anos, cada vez mais arquitetos e projetistas, vem fazendo o uso da Madeira Laminada Colada, principalmente pelo apelo estético e sensorial causada pela sua imponência, um exemplo de sua aplicabilidade pode ser visto na figura 3.

Figura 3. Bodegas Protos en Peñafiel – Valladolid – España (CALIPLAC, 2018).

## 3. PROCESSO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM

Uma das principais vantagens do método construtivo da MLC é a capacidade de industrialização do processo de fabricação, de forma a garantir a alta precisão e velocidade de produção, além da baixa geração de resíduos. A partir de um projeto, as peças são produzidas, sempre que possível, em fábrica, seguindo as definições de dimensões e aberturas.

O primeiro passo para fabricação da MLC é a escolha da madeira. Segundo Gonçalvez (2012), apenas alguns tipos de madeira provaram ser adequados e disponíveis à produção de MLC, em sua maioria a madeira de espécies resinosas. No Brasil costuma-se usar madeiras de reflorestamento das espécies *Eucalyptus* e *Pinus*. Os tipos de madeira utilizados são restringidos aos conhecidos e já ensaiados pois ainda necessita-se de mais estudos sobre outras espécies de madeira e a sua viabilidade para uso na MLC. Segundinho et al. (2013) realizou testes para a espécie de madeira *Cedrinho* (*Erisma uncinatum Warm*) e os testes comprovaram a viabilidade para utilizaçao desta espécie para MLC.

Após a aquisição da madeira produzida legalmente, retira-se qualquer imperfeição que possa prejudicar a resistência final da peça fazendo a madeira passar pelo processo de cura. Deve-se manter a umidade da madeira com um valor médio de 12%. Brandner (2018) realizou uma série de testes com variações no teor de umidade da madeira, deixando como recomendação um teor médio de 12%.

Então a madeira é serrada nas dimensões desejadas e encaminhada ao processo de tratamento. Segundo a NBR7190 (1997), para desenvolver um projeto de estrutura em madeira, precisa-se assegurar a durabilidade mínima para sua finalidade. Pois na execução das estruturas de madeira, devem ser empregadas espécies que apresentem boa resistência natural à biodeterioração ou que apresentem boa permeabilidade aos líquidos preservativos e que sejam submetidas a tratamentos preservativos adequados e seguros para as estruturas.

Na sequência do processo é feita uma classificação segundo a resistência das peças por dois métodos: visual e mecânico, onde as peças são selecionadas e a fabricação através procedimento de colagem sob pressão das peças com o auxílio das colas estruturais se inicia. Gonçalves (2012) explica que a classificação visual baseia-se essencialmente na limitação de defeitos nas peças, como nós, fissuras, empenos, ataques biológicos, fio inclinado e taxa de crescimento, já a classificação mecânica passa pela estimativa da capacidade resistente pelo Módulo de Elasticidade, obtido pela reflecção da lamela. Ou seja, a lamela passa por um determinado número de rolos, que possuem sensores de força, com uma deformação imposta conhecida. São também obtidas amostras de cada lote para a realização de ensaios destrutivos de caracterização. As orientações das fibras de madeira no processo de colagem podem variar de acordo com o resultado desejado. Quando se tratar da madeira laminada colada, todas as lâminas deverão ser posicionadas em uma única direção. E quando se tratar do sistema de madeira laminada cruzada colada, para fechamentos e lajes, as lâminas serão coladas por camadas, sendo cada camada em uma direção diferente da anterior.

Segundino et al. recomenda uma pressão que pode variar de 0,7 a 1,2 MPa para prensagem de madeira da espécie Cedrinho. Já Petrauski, recomenda uma pressão de até 1,3 MPa para prensagem de madeira da espécie Eucalipto. Demonstrando que a pressão para colagem das lâminas pode variar de acordo com a espécie e o tipo de cola que está sendo utilizado. Os tempos de prensagem podem sofrer alterações dependendo o tipo de adesivo.

Todas as propriedades dos adesivos influem de maneira significativa em diversos fatores e reações na hora da colagem. Tanto em relação adesivo-preservante (presente nas madeiras tratadas), como na relação adesivo-madeira. Segundinho et al. (2017), nos dizem que os adesivos são de extrema importância nesse método para a colagem e aproveitamento de pequenas peças. Os mais utilizados são os adesivos à base de poliacetato de vinila, ureia-formaldeído, fenol-formaldeído, poliuretano, colas à base de água, entre outros.

De forma geral, madeiras não tratadas apresentam melhor resistência ao cisalhamento, devido à influência dos preservantes na resistência quando em união com os adesivos. Segundinho et al. (2017), também nos alerta sobre os tratamentos com preservativos hidrossolúveis que afetam várias propriedades mecânicas da madeira, além do poder ácido do CCA (Arseniato de Cobre Cromado) que degenera as estruturas celulares. É muito importante a avaliação de eficiência dos adesivos quando forem submetidos a variações de umidade, pressão e temperatura, para uma boa durabilidade da vida útil da construção. Deve-se tomar cuidado na escolha do adesivo que vai se utilizar, pois seu pH deve estar próximo ao pH da madeira que será utilizada na união. Sempre que possível, deve-se optar por uma espécie de madeira e a cola que melhor se adapte a esta madeira.

O tempo de secagem da cola também vai variar conforme tipo de madeira e cola que estará sendo utilizada. Amorim et al. (2017) utilizou o adesivo estrutural à base de poliuretano, que teve seu tempo de cura, aproximado a 24 horas. Já Segundinho et al. (2013), realizou testes com o adesivo estrutural RFF que necessitou de 10 horas para cura. Alguns adesivos podem necessitar até 4 dias para se obter a cura.

Nos casos em que a peça for maior em comprimento do que as lâminas disponíveis, poderá ser unida duas peças por juntas dentadas, das quais são feitos dentes nas peças, colado e prensado. Porém é necessário fazer análises neste determinado ponto, para verificar se a peça aguenta a carga que está sendo solicitada, pois o mesmo será possivelmente o ponto mais fraco da peça.

Após a secagem, as peças podem ser plainadas e embaladas para encaminhamento a obra. É importante frisar que as peças devem ser mantidas em local com umidade adequada e elevadas do chão, para não haver uma possível deformação na peça ou algum defeito visual.

Para auxiliar a implantação das peças em suas posições finais, guindastes podem ser utilizados. A fixação das peças se dá utilizando conectores metálicos, juntamente com parafusos e cantoneiras, entre outros tipos de ligações metálicas.

A madeira laminada colada não deve ser utilizada em fundações, ou ficar em contato direto com o solo e seu descarte deve ser realizado através de incineração por empresa especializada.

## 4. ENSAIOS E NORMATIVAS

No Brasil, a técnica da MLC segue regulamentações da NBR 7190(1997). Outras normas também podem servir de base para consulta, como a norma americana AITC 115-2009 para controle de qualidade ou a norma canadense O86-14. Na Europa a normatização da MLC começou a ser implantada ainda em 1998, suas considerações estão descritas no Eurocode 05.

A NBR 7190 (1997) traz todas as informações técnicas sobre as especificações dos testes que devem ser feitos nos lotes de peças de MLC. A caracterização das propriedades da madeira laminada colada para projeto de estruturas deve ser feita a partir de corpos-de-prova extraídos das peças estruturais fabricadas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além do benefício estético que a madeira proporciona, uma das principais vantagens da MLC é o seu processo de industrialização, que conta com menor gasto energético para produção, se comparado ao aço e o concreto. Com a união de pequenos trechos de madeira pode-se vencer grandes vãos, com um perfil mais fino para as estruturas, um peso menor na construção e consequentemente redução de custos na fundação. O tempo de obra, a geração de entulhos e a chance de erros na construção também é reduzida.

Uma das principais desvantagens do MLC é o preço, ainda relativamente alto se comparado aos outros sistemas construtivos, devido principalmente à falta de conhecimento sobre este sistema e seus materiais, como por exemplo a falta de conhecimento sobre os comportamentos de determinadas espécies de madeira, o que nos limita as poucas espécies estudadas. Havendo uma maior demanda por este sistema construtivo, certamente haverá crescimento neste ramo da indústria.

Apesar de utilizar matéria prima proveniente de áreas de reflorestamento, a reutilização da MLC após sua vida útil ainda não é possível, pois a mesma incorpora o tratamento e o adesivo estrutural, que não permite seu retorno a natureza, porém todo problema tem uma solução melhor a ser encontrada, apenas necessitando mais estudos para possivelmente achar alguma reutilização para este Sistema.

A utilização da madeira laminada colada fica passível a viabilidade de sua utilização, e a escolha do responsável pelo projeto, porém este é um excelente sistema construtivo, que possui um amplo campo de aplicação, e um futuro promissor na construção civil. Suas principais desvantagens podem ser corrigidas futuramente.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT, 1997. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBRNBR 7190: Projeto de estruturas de madeira.

AMORIM, S. T. A.; MANTILLA, J. N. R., CARRASCO, E. V. M., 2017. A madeira laminada cruzada: aspectostecnológicos, construtivos e dedimensionamento. Revista Matéria Suplemento. Belo Horizonte, MG. Versão ISSN 1517-7076. P. 1-7.

AZAMBUJA, M. A., 2006. Estudo experimental de adesivos para fabricação de madeira laminada colada: avaliação da resistência de emendas dentadas, da durabilidade e de vigas. São Carlos, SP. P. 1-159.

BÔAS, B. T. V., 2013. Madeira Laminada Colada. P. 1-6.

BRANDNER, R. 2018. Cross laminated timber (CLT) in compression perpendicular to plane:Testing, properties, design and recommendations for harmonizing designprovisions for structural timber products. Revista Engineering Structures. Graz, Austria. ISSN: 0141-0296. P. 1-17.

BRENEMAN, 2014. A State of the Art Review of Cross-Laminated TimberFloor Systems. California. SEAOC. P. 1-5.

CALIPLAC. Disponível em: < https://caliplac.es/cubiertas-singulares>. Acesso em 14 setembro de 2018.

ECKER T. W. P.; MIOTTO,J. M.; TURMINA, G., 2017. Painéis de madeira laminada colada cruzada para lajes: Avaliação experimental mecânica sob diferentes níveis de Consumo de adesivo. Revista Science & Engineering Journal. Francisco Beltrão, PR. P. 17 – 25.

EUROCODE 05: Design of timber structures - Part 1-1: General -Common rules and rules for buildings, 2008. EN 1995-1-1 :2004+A 1.

FINKA, G.;KONLERB ;BRANDNERC R. 2018. Application of European design principles to cross laminated timber. Revista Engineering Structures. Espoo, Finland. P. 1-10.

JELEC, M., 2018. Cross-laminated timber (CLT) –a state of the art report. Gradevinar. P. 75-95.

JUNIOR, H. O. S.; FERNANDES, D. S., 2014. Wooden structures in brazil: present situation and perspectives. WCTE. Quebec Canada. P. 1-9.

MIOTTO, J. L.;DIAS A. A. 2009. Produção e avaliação de vigas de madeira laminada colada confeccionadas com lâminas de eucalipto. Maringa, PR. P. 37-47.

RAMAGEA, Michael H. et al. 2016. The wood from the trees: The use of timber in construction. Elsevier. Cambridge. P. 333-335.

SEGUNDINHO, P. G. A. et al., 2013. Avaliação de vigas de Madeira Laminada Colada de cedrinho (Erisma uncinatum Warm.). Cerne. Lavras, MG. V. 19, N. 3, P. 441-449.

SEGUNDINHO, P.G.A.; GONÇALVES, F.G.; GAVA, G.C.; TINTI, V.P.; ALVES, S.D.; REGAZZI, A.J., 2017. Eficiência da colagem de madeira tratada de Eucalyptus cloeziana F. Muell para produção de madeira laminada colada (MLC). Jerônimo Monteiro, ES. V. 22 N. 2. P. 1-13.

WIESNER, F.;BISBY, L., 2018. The structural capacity of laminated timber compression elements in fire: A meta-analysis. Elsevier.Scotland, UK. P. 1-12.

ZANGIÁCOMO,A. L., 2003. Emprego de espécies tropicais alternativas na produção de elementos estruturais de madeira laminada colada. São Carlos, SP. P. 1-103.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido nesse artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# WOOD FRAME: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

**Carine Scanagatta**
Universidade Regional Integrada – URI – Erechim, RS 331, nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
carine.scanagatta@hotmail.com

**Renata Strassburg**
Universidade Regional Integrada – URI – Erechim, RS 331, nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
reenata_strass@hotmail.com

**Adriana Paula Daniel**
Universidade Regional Integrada – URI – Erechim, RS 331, nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
apdaniel25@hotmail.com

**Renan Scapinello**
Universidade Regional Integrada – URI – Erechim, RS 331, nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
renan.ecv@gmail.com

***Resumo***. *Este artigo aborda a técnica construtiva em Wood Frame e sua relação como método de viés sustentável. Por ser um sistema estrutural leve, que aceita a utilização de diversos materiais em sua concepção, utiliza a madeira de reflorestamento tratada como estrutura, além de permitir rapidez e compatibilidade durante sua montagem. A utilização deste método construtivo tem se apresentado como uma ótima solução para viabilizar a execução de construções mais sustentáveis. A madeira, um dos materiais de construção mais versáteis, quando aplicada em conjunto com técnicas modernas de engenharia e arquitetura ampliam as possibilidades de sua utilização. O Wood Frame, através da utilização de madeira reflorestada, é capaz de reduzir o desperdício de material, o gasto com água, reduzir a quantidade de resíduos com a construção e proporcionar rapidez na execução da obra.*

***Palavras chave:*** *Wood Frame, Sustentabilidade, Construção civil.*

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil provoca grande impacto no meio ambiente em função da elevada quantidade de recursos que consome e dos resíduos que produz (MATEUS, 2004). Uma das maneiras de reduzir esses impactos é a utilização de novas alternativas construtivas que fujam ao convencional e que tragam benefícios para o desenvolvimento sustentável, sem perder a qualidade e que atenda o resultado esperado. Para tal, apresenta-se como solução o sistema construtivo em Wood Frame (WF), técnica bastante empregada em países desenvolvidos, como Estados Unidos e Alemanha e que se beneficia da utilização da madeira de reflorestamento como matéria prima principal. Sendo assim, após breve referencial teórico, descreve-se a seguir as características e etapas construtivas do processo, bem como uma abordagem dos benefícios que essa técnica de construção oferece visando o melhoramento das questões sustentáveis na construção.

## 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA WOOD FRAME

A principal característica das construções no estilo Wood Frame é o uso de uma estrutura de perfis leves de madeira, contraventadas com placas estruturais derivados de madeira, como: OSB (*Orinteded Strand Board*), compensado naval, entre outros, que montadas em conjunto dão maior rigidez, forma e sustentação a edificação. Os perfis são feitos com madeira de reflorestamento, o que contribui para que o processo seja considerado ecológico. O sistema ainda faz parte dos tipos de construção que evitam desperdícios, pois não precisam que as paredes sejam quebradas para passar as tubulações e também dispensam o uso de fôrmas para pilares e vigas, já que as próprias paredes são estruturais. Conforme Molina (2010), a concepção do sistema Wood Frame em ambiente industrial reduz significativamente os desperdícios, que são altamente impactantes nos sistemas de construção tradicionais.

As estruturas de madeira em conjunto com as placas estruturais permitem a construção de edificações tão resistentes quanto às de concreto. Extremamente flexível, o sistema Wood Frame permite a utilização de qualquer tipo de acabamento exterior e interior, que pode ser aplicado em qualquer estilo arquitetônico. A figura 1 ilustra o sistema em Wood Frame.

**Figura 1.** Construção em Wood Frame. (FRIZERO, 2018)

### 2.1 Critérios normativos

Atualmente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas através da Comissão de Estudo do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002) já avançou muito na discussão de Projeto e Execução na elaboração da Norma sobre o sistema construtivo Wood Frame. A fim de dimensionar e controlar as peças estruturais individuais de madeira pode-se utilizar os critérios estabelecidos pela norma brasileira de madeiras NBR 7190/1997. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1997). O dimensionamento de painéis estruturais em Wood Frame pode ainda ser feito a partir dos critérios estabelecidos pela norma americana *WFCM 2001* e também pelas normas europeias *DIN 1052 (1998)* e *EUROCODE 5 Parte 2 (1997)*, que consideram as diversidades climáticas e sísmicas de cada região.

## 3. ETAPAS CONSTRUTIVAS

### 3.1 Fundação

Uma vez que o sistema em Wood Frame é composto por uma estrutura leve de madeira, os carregamentos que chegam até o solo são significativamente menores, quando comparados ao sistema tradicional em concreto armado, por exemplo, aliviando e gerando economia nos elementos de fundação.

Em países que possuem um inverno rigoroso, a fundação de edificações em Wood Frame é composta por estruturas subterrâneas de paredes, tecnicamente chamadas de "*basement wall*", que formam compartimentos abaixo do nível do solo (com pelo menos 60 cm), servindo para aumentar a temperatura das casas. Neste tipo de fundação também é muito comum a utilização de vigas de madeira com seção I sobre o *basement wall* para a sustentação e distribuição das cargas provenientes da edificação. (MOLINA, 2010).

### 3.2 Piso

Para o caso dos pisos, em pavimentos superiores, são utilizados decks constituídos por chapas de OSB apoiadas sobre vigas de madeira geralmente com seções retangulares ou I com mesas formadas por madeira maciça ou LVL (*Laminated Venner Lumber*) e alma de OSB ou compensado (MOLINA, 2010). Sobre o deck de madeira são utilizados revestimentos de carpetes ou pisos projetados com manta intermediária com o objetivo de garantir a isolação acústica. A chapa de OSB, que compõe o deck, funciona como contrapiso. Além disso, em áreas úmidas utilizam-se chapas cimentícias coladas diretamente sobre o contrapiso de OSB, onde o piso frio é colocado com argamassa colante, sobre a impermeabilização. A Figura 2 ilustra os detalhes dos pisos em casas de Wood Frame.

**Figura 2.** Pisos: (a) Detalhe do *deck* com chapa de *OSB*; (b) Detalhe do piso do primeiro pavimento. (MOLINA, 2010)

### 3.3 Paredes

As paredes são compostas por montantes verticais em madeira, dispostos em consonância com painéis de OSB. As ligações entre os elementos estruturais no painel são realizadas com a utilização de pregos, sendo que, estes elementos metálicos de fixação necessariamente, devem ser galvanizados, pois deverão ter vida longa de serviço (MOLINA, 2010). A Figura 3 mostra os detalhes da fixação entre os painéis de parede do sistema em wood frame.

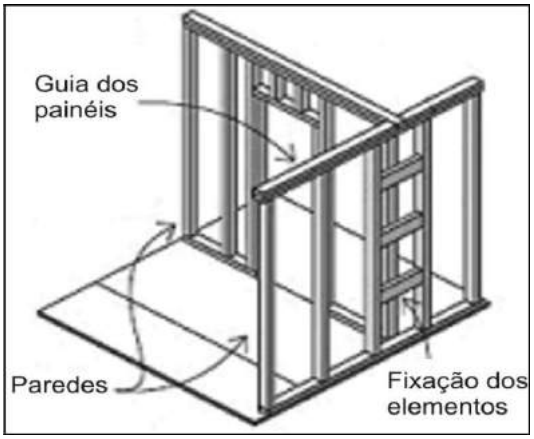



**Figura 3.** Detalhe da fixação entre os painéis de parede. (MOLINA, 2010)

### 3.4 Instalações elétricas e hidrossanitárias

As instalações elétricas e hidrossanitárias podem ser executadas de forma idênticas ao de uma construção convencional mas, comparando-se com as construções em alvenaria, o sistema em Wood Frame agrega agilidade à construção e em eventuais reparos, ao permitir embutir as instalações nos vãos internos aos montantes estruturais.

### 3.5 Revestimentos

Os revestimentos podem ser usados tanto dentro quanto fora da casa. As paredes externas, por exemplo, podem ser revestidas com *sidings* de aço, madeira e PVC, que são desenvolvidos especificamente para este sistema, mas também podem ser utilizados outros tipos de materiais como placas cimentícias, que geram um acabamento semelhante ao da alvenaria, além de tijolos aparentes, argamassa armada, entre outros.

Para proteger o sistema das intempéries (por exemplo, contra a umidade), pode-se fazer o uso de sistemas de mantas e produtos específicos e especializados para tal, que podem atender também quesitos de arquitetura e funcionar como isolante térmico.

Em áreas que estão expostas à água como, por exemplo, banheiros e cozinhas, geralmente são utilizadas placas cimentícias com selador acrílico anti-fungíco e pintura de resina acrílica pura, ou ainda placas de gesso acartonado revestidas por impermeabilizante e azulejos. Deve-se ainda, utilizar mecanismos que garantam a estanqueidade do sistema. Para melhorar o desempenho térmico e acústico, podem ser utilizadas mantas de lã de vidro ou semelhantes no interior dos painéis.

### 3.6 Telhado

Para a estrutura de suporte do telhado, posicionam-se sobre as paredes do último piso da edificação, treliças industrializadas de madeira com conectores do tipo chapas de dentes estampados. A partir da utilização de treliças

industrializadas é possível reduzir o peso da cobertura em até 40%. A telha fica a critério do projetista, embora haja uma tendência para escolha de telhas leves, visando a economia do sistema estrutural e de fundações.

### 3.7 Madeira utilizada

Normalmente a madeira utilizada no sistema Wood frame é a de Pinus, da família das coníferas, que acaba por ser mais leve, não apresentando cerne e seu lenho é totalmente permeável ao tratamento de preservação. Vale ressaltar, que é de suma importância a garantia do tratamento preservativo nas madeiras utilizadas.

Para o Wood frame, o tratamento mais recomendado é aquele feito em forno autoclave, com produtos hidrossolúveis, sendo que estes tornam a madeira imune ao ataque de fungos e cupins. De acordo com Molina (2010) a exposição direta da madeira aos fatores ambientais, em razão do seu uso sem um tratamento adequado, permite o ataque biológico de insetos e microrganismos, comprometendo a segurança das construções com esse material.

## 4. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O termo sustentabilidade começou a ser utilizado em 1972 na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano e, desde então, muito se fala sobre ela e sobre o uso racional dos recursos naturais em diversas áreas do conhecimento. A preocupação com questões que envolvam meio ambiente, sustentabilidade e conscientização ambiental, de modo geral vem ganhando cada vez mais espaço, na sociedade mundial. Assim, a incorporação de práticas de sustentabilidade na construção é uma tendência crescente no mercado. Segundo Gomes (2014), diante da elevada quantidade de recursos consumidos e resíduos gerados pela indústria da construção civil, identificou-se a necessidade de buscar sistemas construtivos que levem em consideração os três aspectos do desenvolvimento sustentável – econômico, social e ambiental – de forma equilibrada.

O sistema construtivo em alvenaria é um dos mais antigos da humanidade, e consiste da associação de um conjunto de unidades de alvenaria (tijolos ou blocos), unidos entre si geralmente por argamassa, que possui propriedades mecânicas intrínsecas capazes de constituir elementos estruturais (ROQUE, 2002). Sendo a alvenaria a estrutura de vedação mais utilizada no Brasil, considerando o alto déficit habitacional no país e o grande tempo gasto na execução de obras, Souza (2012) concluiu que esse sistema não é o mais adequado para a economia brasileira.

O conceito da construção sustentável baseia-se no desenvolvimento de um modelo que enfrente e proponha soluções aos principais problemas ambientais de sua época, sem renunciar à moderna tecnologia e à criação de edificações que atendam às necessidades de seus usuários. Dentro deste contexto, novas tecnologias e materiais têm surgido bem como novos métodos de se construir, no intuito de tornar possível a realização de obras mais rápidas, limpas e sustentáveis, garantindo também a economia.

Uma forma de diminuir os problemas ambientais decorrentes da construção civil é a utilização da madeira, um material de construção renovável, com baixo consumo energético para a sua produção de fácil trabalhabilidade, excelente desempenho térmico (absorve 40 vezes menos calor que a alvenaria de tijolos) e acústico, além de elevada relação resistência/peso, o que faz da madeira um material adequado para a industrialização de elementos no sentido de facilitar o transporte das peças e posterior montagem na obra. (MOLINA, 2010).

Para conquistar diversos clientes e atender os requisitos de sustentabilidade, o setor de construção civil busca constantemente novas tecnologias com o intuito de substituir materiais tradicionais por outros alternativos. Visando atender as necessidades de moradias da população brasileira, bem como a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente. Uma opção que vem ganhando espaço no mercado construtivo nacional é o Wood Frame, tecnologia adquirida do uso de madeira de reflorestamento, trazida de países como Estados Unidos, Canadá e Alemanha, que vem apresentando resultados positivos nas regiões sul e sudeste do Brasil.

### 4.1 Sistema wood frame e a questão ambiental

Do ponto de vista ambiental, a madeira é considerada um dos materiais mais sustentáveis, desde que explorada conforme práticas adequadas de manejo florestal ou reflorestamento. A produção da madeira, desde o seu crescimento, extração, bem como o desdobro (corte em toras), envolve baixo consumo de energia, em comparação com outros materiais consagrados na construção civil. De acordo com Allen e Thallon (2011), a madeira pode ser facilmente reutilizada de uma edificação para outra e, quando descartada, sofre rápida biodegradação retornando ao ambiente natural. A madeira é o único material de construção renovável que sempre estará disponível na natureza desde que a sua extração seja feita de forma sustentável.

Para Calil Junior et. al. (2003), o uso da madeira e subprodutos vem aumentando na construção civil brasileira devido à crescente conscientização de engenheiros e arquitetos sobre as vantagens estruturais desse material em relação a outros e também por questões ambientais, uma vez que a madeira utilizada provém de unidades de reflorestamento.

Menos resíduos, menos CO2 e quatro vezes menos mão de obra. Essa é a lógica da utilização do sistema construtivo Wood Frame. Feito com matéria prima de madeira de florestas plantadas, material orgânico com atributos relacionados à sustentabilidade e, em especial, a habilidade de atuar como reservatório natural de carbono.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela observação dos aspectos analisados, percebe-se que a utilização do método construtivo em Wood Frame tem se apresentado como uma ótima solução para viabilizar a execução de construções mais sustentáveis. A madeira, por sua vez, empregada neste sistema, é o material de construção mais versátil da natureza e em conjunto com métodos modernos de engenharia e arquitetura ampliam as possibilidades de sua aplicação. O Wood Frame, através da utilização de madeira reflorestada, é capaz de reduzir o desperdício de material, o gasto com água, reduzir a quantidade de resíduos com a construção e proporcionar rapidez na execução da obra.

É importante destacar, que embora este sistema de construção permita a criação de variados estilos arquitetônicos e inúmeras vantagens, no Brasil esta técnica ainda não é muito empregada. Isso ocorre por falta de conhecimento técnico, falta de normas capazes de definir as diretrizes e especificações adequadas a este método construtivo ou ainda pela crença de que o uso da madeira provoque a degradação do meio ambiente.

## 6. REFERÊNCIAS

ALLEN, E.; THALLON, R. Fundamentals of Residential Construction. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL É O 4º NO MUNDO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS. 2017. Disponível em: <http://www.mapadaobra.com.br/negocios/brasil-e-o-4o-no-mundo-em-construcoes-sustentaveis/?doing_wp_cron=1535335635.0438621044158935546875>. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

CALIL JUNIOR, C.; et al. Dimensionamento de elementos estruturais de madeira. Barueri: Manole, 2003.

CONSTRUINDODECOR. Wood Frame – Tecnologia na construção de casas de madeira. Disponível em: <http://construindodecor.com.br/wood-frame-tecnologia-na-construcao-de-casas-de-madeira/>. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

FERNANDADG. Wood frame – construção sustentável. 2014. Disponível em: <https://dicasdearquitetura.com.br/wood-frame-construcao-sustentavel/>. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

FIEP, Sistema. Com apelo sustentável, material wood frame é mais rápido e econômico. 2016. Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/com-apelo-sustentavel-material-wood-frame-e-mais-rapido-e-economico-2-95-318087.shtml>. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

FRIZERO, Bernardo. Prédio em madeira de 5 andares é construído em apenas 8 dias no Paraná. 2018. Disponível em: <https://blogdaengenharia.com/wood-frame-predio-construido-em-8-dias>. Acesso em 14 setembro de 2018.

GOMES, Jefferson de Oliveira. Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil. E-tech: Tecnologias Para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 7, n. 2, p.167-186, 2014.

MATEUS, R. Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção. 2004. 271 f. Dissertação(Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga, 2004.

MOLINA, Julio Cesar. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p.143-156, jul. 2010.

PEREIRA, Natielly Nascentes. "Wood Frame": Tecnologia de Construção Sustentável. Revista Perquirere, Patos de Minas, v. 12, n. 1, p.194-213, jul. 2015.

ROQUE, João Carlos Almendra. Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria. 2002. 352 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Braga/Guimarães, Portugal, 2002.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. 2012. 20 f. Master em Arquitetura - Instituto de Pós-Graduação – IPOG, Florianópolis – SC, 2012.

SOTSEK, Nicolle Christine. Panorama do sistema construtivo light wood frame no Brasil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p.309-326, jul. 2018.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo trabalho realizado.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO PATOLÓGICA EM PONTES DE CONCRETO ARMADO – ESTUDO DE CASO DE OBRAS SITUADAS NA REGIÃO NORTE DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

Renato da Conceição
Natan Pedott Lansana
Alian R. Paese
Paulo Sérgio Oldoni
Orientadora: Prof. Dra. Cristina Vitorino da Silva
Instituição e Endereço: Universidade Reginal Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Erechim, RS.
e-mails: renatomarcelino@msn.com; natan_coto1@hotmail.com; alian.r.paese@hotmail.com; paulooldoni@hotmail.com; cristina@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Os problemas encontrados em pontes de concreto armado podem ser causados por diversos fatores, por exemplo: relacionados à idade da estrutura, execução inadequada, erros de projeto, em especial, a falta ou ineficiência de manutenção. O pensamento de que as estruturas de concreto armado tinham vida útil indeterminada ocasionou, por muito tempo, a baixa relevância nas atividades de inspeção e manutenção nessas estruturas, o que pode comprometer o seu desempenho. O presente artigo baseou-se na inspeção visual, fundamentada em registros fotográficos, realizados na Ponte sobre o rio Pelotas, na RS 208 em Maximiliano de Almeida, Ponte sobre o Rio Teixeira Soares, na RS 491, em Marcelino Ramos e Ponte sobre pequeno arrio na RS 211 em Jacutinga, cujo objetivo foi interpretar e avaliar as consequências da falta de manutenção adequada. Observaram-se as seguintes patologias: fissuras, juntas de dilatação mal executadas, e deterioradas, corrosão e exposição de armaduras, desagregação do concreto, pista de rolamento deterioradas, desgaste dos equipamentos de apoio e defeitos nos equipamentos de drenagem e tabuleiros. Por fim, pode se concluir que todas as pontes vistoriadas apresentavam algum tipo de patologia que pode prejudicar o seu desempenho e a vida útil da estrutura.*

***Palavras-chave:*** *avaliação, patologias, pontes, concreto armado.*

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo de patologias em construção civil permite o diagnóstico de defeitos que podem levar a estrutura ao colapso. A falta de políticas e estratégicas voltadas para a manutenção deste tipo de obra faz com que os órgãos responsáveis se preocupem apenas com a execução das mesmas, sem pensar em futuras manutenções. Não havendo nenhum tipo de prioridade relacionada com os cuidados que se deve ter no decorrer dos anos com estas construções (MACEDO, 2017).

Vitório (2006) descreve que para as questões de patologia, devem ser examinados, os prejuízos materiais e financeiros do setor produtivo, do setor público e da própria sociedade a quem compete, em última análise, arcar com os altos custos da falta de manutenção.

O presente artigo teve como objetivo interpretar e avaliar as consequências da falta de manutenção adequada das estruturas viárias de concreto armado (pontes e viadutos). Baseou-se na inspeção visual, fundamentada em registros fotográficos, realizados nas seguintes estruturas viárias: Ponte sobre o rio Pelotas, na RS 208 em Maximiliano de Almeida, Ponte sobre o Rio Teixeira Soares, na RS 491, em Marcelino Ramos e Ponte sobre pequeno arrio na RS 211 em Jacutinga, todas as cidades situadas no Norte Estado do Rio Grande do Sul.

## 2. REFERENCIAL TEÓRÍCO

As manifestações patológicas possuem origens variadas, desde a falha humana no projeto e na execução da estrutura com a deficiência da concretagem, inadequação de escoramentos e fôrmas, deficiência nas armaduras, utilização incorreta de materiais de construção e falhas humanas durante a utilização, ocasionadas principalmente, em função da ausência de manutenção. Podem ocorrer em função de causas naturais como reações químicas, causas físicas e causas biológicas (SOUZA E RIPPER, 1998).

Segundo o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT, as causas de deterioração de pontes de concreto são determinadas por alguns fatores: fatores intrínsecos relacionados à idade das estruturas, qualidade do projeto, qualidade dos materiais e desempenho estrutural; fatores resultantes do tráfego rodoviário com a freqüência de passagem de veículos, velocidade e concentração das cargas de veículos pesados, efeitos dinâmicos e colisões de veículos; fatores ambientais como fenômenos atmosféricos, variação do nível das águas do rio e mares, insolação não uniforme na estrutura, variações diárias de temperatura, ações de cloretos e sulfatos e carbonatação; fatores resultantes do tipo e intensidade de manutenção que envolve a frequência e qualidade dos serviços (BRASIL, 2010).

As principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos segundo Bastos e Miranda (2017) são as fissuras, a desagregação do concreto, falhas das instalações de drenagem, falhas nas juntas de dilatação, falhas da pista de rolamento, falhas da concretagem, abrasão do concreto e corrosão das armaduras.

### 2.1. Principais patologias em pontes de concreto armado

A deterioração física do concreto é causada pelo desgaste da superfície com abrasão, erosão, cavitação e fissuração. Dá-se pelas mudanças de volume devido a gradientes térmicos e pressão de cristalização dos sais dos poros, sobrecargas estruturais de impacto e carga cíclica, exposição a extremos de temperatura com ação do gelo e degelo e ação do fogo (METHA E MONTEIRO, 1994).

Segundo Brasil (2010) as falhas de concretagem são defeitos provenientes da época da construção e podem causar efeitos secundários como a exposição da armadura que sofrerá com as intempéries do tempo. A desagregação é a patologia que ocorre pela deterioração do concreto por separação de suas partes, sendo provocada a maioria das vezes pela expansão devida à oxidação ou dilatação das armaduras, quando o concreto absorve muita água e também pela falta de aberturas de juntas de dilatação. Ocorre também pelas movimentações estruturais e choques das estruturas (SOUZA E RIPPER, 1998 apud TRINDADE, 2015).

A abrasão do concreto é o desgaste superficial da estrutura e ocasiona perda de desempenho mecânico, atrito entre peças distintas de concreto (AMORIN, 2010 apud BASTOS E MIRANDA, 2017). É o processo que causa desgaste superficial do concreto por atrito, enrolamento, escorregamento ou fricção constante de estruturas de concreto armado (BAUER, 2002 apud LAPA 2008).

A corrosão das armaduras é uma das principais causas de patologias e danos em estruturas de concreto armado que se dá através do meio favorável para a ocorrência da corrosão, que depende da atmosfera úmida e contaminada e a exposição da armadura a estes ambientes (MIOR JUNIOR, 2013). O aparecimento dessa patologia ocorre por erros de execução da concretagem, idade do concreto, erro de execução do cobrimento necessário (BASTOS E MIRANDA, 2017).

Carmona Filho (2005) apud Bastos e Miranda (2017) descreve que a manifestação por fissura pode ser o indício de que a estrutura está perdendo a durabilidade e o nível de segurança, com o comprometimento de sua utilização, redução da vida útil da estrutura, prejuízo do funcionamento e efeito estético. As fissuras podem ainda, causar efeitos secundários como a corrosão da armadura e desagregação do concreto.

As juntas de dilatação são uma forma preventiva de evitar fissuras, as falhas e aberturas insuficientes das juntas de dilatação ocasionam patologias secundárias como a desagregação da superfície do concreto, aparecimento de fissuras por movimentação térmica e retração hidráulica (LANER, 2001).

Segundo a mesma fonte as falhas na pista de rolamento são ocasionadas pela falta de caimento ou problemas de escoamento de águas pluviais, irregularidade ou ruptura da camada de revestimento ou pavimentação, falhas nas juntas do tabuleiro, desnível na transição do tabuleiro sobre o terrapleno.

As falhas nas instalações de drenagem Segundo Laner (2001) apud Bastos e Miranda (2017) influenciam a degradação de estruturas viárias de concreto, os pontos críticos são os encontros de apoio em vigas, nos caixões, nos encostos com tabuleiros, na pista de rolamento e nos aparelhos de apoio.

Pode ocorrer, segundo Silva et al (2014), manifestações patológicas nos aparelhos de apoio, com esmagamento e fratura dos mesmos. As falhas nos equipamentos de apoio dificultam a superestrutura a movimentar-se com liberdade, com o surgimento de tensões elevadas entre a superestrutura e o pilar, que pode gerar esmagamento e desagregação do concreto nas regiões de contato (LANER, 2001).

### 2.2 Tratamento de patologias

O tratamento da corrosão das armaduras deve obedecer as seguintes etapas: avaliação das causas da corrosão; avaliação da estabilidade do elemento; instalação de escoramentos e andaimes; limpeza completa e cuidadosa da armadura com lixa; escova de aço ou jateamento; avaliação da redução da seção da armadura; reconstrução da geometria do elemento com concreto de boa qualidade; análise de execução de proteção adicional (BRASIL, 2010).

Lapa (2008) destaca métodos de reparação de obras de concreto armado como o apicoamento manual em patologias localizadas, jateamento a ar, jateamento de água, jateamento com água de baixa pressão, remoção do concreto danificado, corte de concreto para execução de juntas, demolições parciais e demolições totais. Estes métodos podem ser aplicados para a correção de patologias.

Para o tratamento de fissuras em concreto armado, deve ser executada uma análise do tipo de fissura, grau de comprometimento da estrutura e risco de colapso. Souza e Ripper (1998) descrevem os seguintes passos: escoramento da estrutura, tratamento com selagem da fissura com diferentes tipos de material em função da extensão e o tipo de fissura e aplicação de metodologias de reforço.

### 2.3 Vistoria para investigação de patologias

As vistorias das estruturas permitem a identificação das patológicas, para executar o diagnóstico das condições da obra e as possíveis medidas de manutenção. As vistorias, no Brasil, são classificadas segundo a ANBT NBR 9452:1986, entre elas, a vistoria cadastral, que tem referência, quando são anotados os fundamentais elementos associados à segurança e durabilidade da obra. Este tipo de vistoria é complementado com o levantamento dos essenciais documentos e informes construtivos da obra vistoriada (VITÓRIO, 2006).

Além disso, segundo a mesma fonte, a vistoria rotineira é necessária para manter atualizado e informado o cadastro da obra e deve ser efetuada a intervalos de tempo regulares, não superiores há um ano. Esta vistoria, da mesma forma, pode ser motivada por ocorrências excepcionais. A vistoria especial, que é a da obra visual e/ou instrumental, efetuada por engenheiro especialista, com a finalidade de esclarecer e avaliar ocorrências danosas detectadas pela vistoria rotineira.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia de execução do trabalho foi executada através da vistoria *in loco* com análise visual e posterior levantamento fotográfico de três pontes situadas em Rodovias Estaduais, nos municípios de Jacutinga, Maximiliano de Almeida e Marcelino Ramos no Norte do estado do Rio Grande do Sul, para constatação da possível presença de patologias que possam comprometer o desempenho em serviço, a vida útil e a utilização da estrutura.

O critério de escolha das estruturas viárias foi a importância local que a mesma representa, seja para ligação viária do município, o deslocamento de comunidades do perímetro rural para o perímetro urbano do município e também o escoamento da produção agrícola.

Foram observados os seguintes quesitos: presença de patologias na pista de rolamento, desgaste e abrasão do concreto, trincas e fissuras, patologias estruturais nos pilares, vigas, juntas de dilatação, juntas de escoramento, equipamentos de apoio, equipamentos de drenagem e tabuleiros.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a constatação de uma patologia devem ser analisadas as medidas necessárias para sanar os defeitos. Nesta seção será apresentada a discriminação das patologias encontradas após o levantamento fotográfico das pontes de concreto e as possíveis mediadas para a correção.

### 4.1 Descrição das patologias

As patologias encontradas nas vistorias *in loco* são demonstradas na Figura 1. A ponte da Rodovia RS 211 em jacutinga apresenta corrosão das armaduras e deterioração do concreto, a ponte da Rodovia RS 209 em Maximiliano de Almeida apresenta patologias relacionadas a fissuras e falhas do equipamento de apoio. Já a ponte da Rodovia RS 491 em Marcelino Ramos, apresenta falha nos equipamentos de drenagem e desmoronamento do tabuleiro. No quadro 1 apresenta-se um resumo das patologias encontradas.

Quadro 1 – Resumo das patologias das pontes vistoriadas.

| Estrutura | Patologia |
|---|---|
| Ponte da RS 211 no município de Jacutinga/RS. | Desagregação do concreto |
| | Corrosão das armaduras |
| Ponte da Rodovia RS 208 no município de Maximiliano de Almeida/RS | Fissuras diagonais na faixa de rolamento |
| | Fissuras transversais na faixa de rolamento |
| | Danificação do equipamento de apoio |
| | Desagregação do concreto |
| Ponte da Rodovia RS 490 em Marcelino Ramos/RS | Falha de equipamentos de drenagem, na cabeceira da ponte. |
| | Desmoronamento do tabuleiro |

Fonte: Os autores

Pode-se afirmar, portanto, que todas as pontes vistoriadas apresentaram ao menos uma patologia que pode levar a perda do desempenho, diminuição da vida útil e até o colapso da obra.

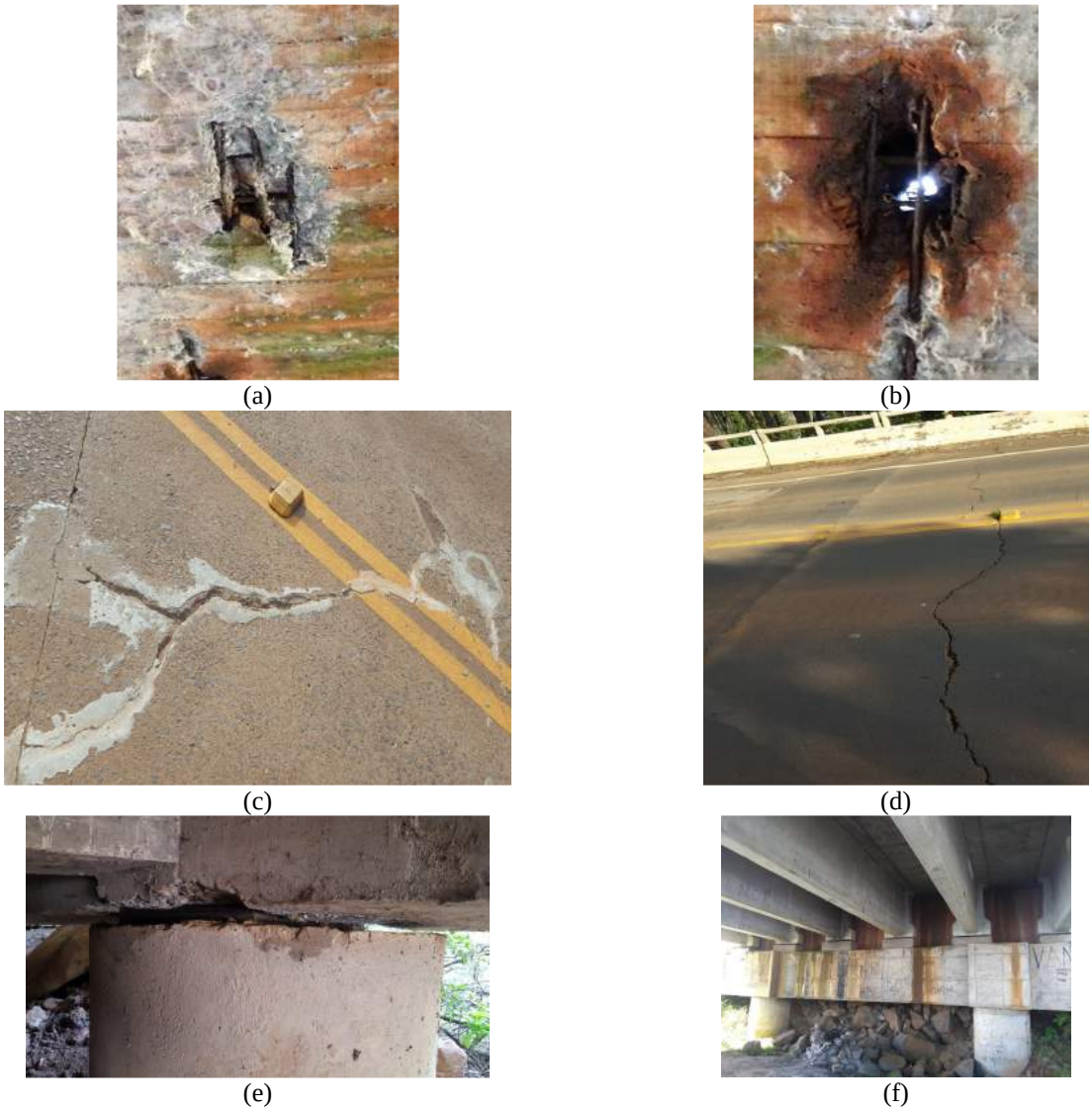



Figura 1. Patologias das pontes vistoriadas: (a) Desagregação do concreto da ponte na RS 211 em Jacutinga, (b) Corrosão das armaduras na ponte na RS 211 em Jacutinga, (c) Trincas na faixa de Rolamento da ponte rodovia RS 208 em Maximiliano de Almeida, (d) Fissura provocada pela falha na junta de dilatação da ponte da rodovia RS 208 em Maximiliano de Almeida, (e) Manifestação patológica no equipamento de apoio ponte rodovia RS 208 em Maximiliano de Almeida, (f) Falha dos equipamentos de drenagem da ponte da RS 490 em Marcelino Ramos com desabamento.
Fonte: Os autores

Através da análise da Figura 1 (a) é possível observar desagregação do concreto e a corrosão das armaduras da ponte da RS 211 em jacutinga, que é causada pela exposição das mesmas em ambientes favoráveis com a ação do tempo e a infiltração de agentes corrosivos. Ocorrem meses ou anos após o termino da construção ao longo das estruturas, decorrentes do surgimento de fissuras ou erros de execução, como o baixo cobrimento, ocorre expansão da armadura com descolamento dessa camada de cobrimento. O progresso da exposição das armaduras aumenta o processo de corrosão, Figura 1 (b), neste caso pode-se observar ainda, a corrosão do concreto.

Com a Figura 1 (c), pode-se observar a presença de fissuração no pavimento da ponte da Rodovia RS 208 em Maximiliano de Almeida. Essa patologia surge em função de diversos fatores como deslocamentos excessivos, por ações não previstas, falta de manutenção durante a vida útil de serviço desta estrutura. Uma vez que presentes, as fissuras podem causar infiltração de água e outras substâncias corrosivas para o interior da estrutura, podendo assim causar sérios danos de corrosão nas armaduras. Na Figura 1 (d) pode ser observada uma fissura transversal na pista de rolamento, fissuras desta amplitude são oriundas de falhas na execução das juntas de concretagem. A ponte da RS 208 apresenta ainda, defeito no equipamento de apoio, Figura 1 (e), com esmagamento e fratura do mesmo que ocasionou a desagregação do concreto na região de contato.

Na figura 1 (e) ocorre deficiência nos equipamentos de drenagem, com infiltração na cabeceira e desmoronamento do tabuleiro da ponte da RS 491 em Marcelino Ramos. Essa patologia pode acarretar o rebaixamento do tabuleiro com a formação de degrau na pista.

### 4.2 Ações para o reparo das patologias encontradas

Para a ponte da Rodovia RS 211 no município de Jacutinga uma alternativa para a correção da patologia apresentada na ponte é a execução da limpeza do local através do lixamento, escovação, limpeza e jateamento, avaliação da necessidade de substituição das armaduras ou reforço e execução de concreto de boa qualidade conforme descreve Laner (2001).

Na ponte sobre a Rodovia RS 208 em Maximiliano de Almeida recomenda-se o corte do concreto para a execução das juntas de dilatação, análise das armaduras e reconstituição com preenchimento das fissuras existentes com concreto de boa qualidade. Souza e Ripper (1998) recomendam a utilização de argamassa seca ou convencional com adesivo PVA ou acrílico, por tratar-se de um reparo profundo.

Na ponte da RS 490 em Marcelino Ramos a solução é consertar os equipamentos de drenagem da cabeceira e reposição do material de escoramento da mesma que se encontra desmoronado.

Um fator importante para a manutenção das estruturas estuadas é estabelecer um plano de vistorias conforme determinam as normas regulamentadoras para identificar a incidência de patologias e poder agir no seu início, inclusive com execução de manutenções periódicas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe um costume, bastante habitual, de considerar que a vida das pontes é extraordinariamente longa, talvez até infinita. Isso se deve, em parte, à impressão que, de modo geral, é transmitida por esse tipo de obra, sempre associada à robustez e solidez, enfim, uma estrutura quase eterna. A realidade mostra, porém, que uma ponte, como qualquer outra edificação, começa a deteriorar-se no mesmo instante em que é posta em funcionamento, iniciando um ciclo de vida cuja duração dependerá de diversos fatores relacionados com as condições de uso e conservação ao longo do tempo, de modo a garantir-lhe segurança, funcionalidade e durabilidade com o menor custo possível.

Vistorias periódicas; qualificação de equipes técnicas; cadastro das obras; implantação de sistemas de gestão; planejamento e previsão orçamentária para os serviços de manutenção e recuperação.

## 6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Disponível em: < http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/744_manual_recuperacao_pontes_viadutos.pdf.>

BASTOS, Herik César N.; MIRANDA, Mateus Zanirate. Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais. Revista Construindo. v. 9, Ed Esp. de Patologia, p. 93, Jul-dez, 2017. Disponível em: < www.fumec.br/revistas/construindo/article/download/5026/2954>. Acesso em 10 de ago. 2018.

LANER, Felice J. Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre. Tese de Mestrado. UFRGS. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/2475>. Acesso em 12 de ago. 2018.

LAPA, José da Silva. Patologia, Recuperação e reparo de Estruturas de Concreto Armado. Especialização em Construção Civil. UFMG, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologia,%20Recupera%E7%E3o%20e%20Reparo%20das%20Estruturas%20de%20Concreto.pdf>. Acesso em: 16 de ago. 2018.

MACEDO, Eduardo Augusto Venâncio Britto Patologias em obras recentes de construção civil: Análise crítica das causas e consequências. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRJ, 2017, Disponível em: < monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020899.pdf>. Acesso em: 22 de ago. 2018.

METHA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estruturas, Propriedades e Materiais. Tradução de Paulo Helene et al. 1 ed. Ed. Pini. São Paulo, 1994).

MIOR JUNIOR, Casemiro. Deterioração de Elementos de Cobertura em Concreto Armado: Diagnóstico com Enfoque na Corrosão de Armaduras. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRGS. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78279/000897110.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 ago. 2018.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto. Eng° Civil, especialista em estruturas do Departamento de Estradas de Rodagem de Pernambuco, 2006.

SILVA, Nina C.; VITÓRIO, José A. P.; OLIVEIRA, Romilde A. Análise das Manifestações Patológicas da Ponte-Viaduto Torre-Parnamirim. Universidade Católica de Pernambuco. IBRACON. 2014. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/Nina.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SOUZA, V. C; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de Concreto. ed. Pini. São Paulo, 1998.

TINDADE, Diego Dos Santos. Patologia em Estruturas de Concreto Armado. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSM. Santa Maria, 2015, Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%20DOS%20SANTOS%20DA%20TRINDADE.pdf>. Aceso em: 22 de ago. 2018.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE LABORATORIAL DE DESEMPENHO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE ADITIVADO E APLICADO A FRIO

**Ricardo Caian Crestani**
URI – Campus Erechim, RS331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
ricardo.crestani@hotmail.com

**Tainara Conte**
URI – Campus Erechim, RS331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
taai_conte@hotmail.com

**Fabiano Da Silva Jorge**
URI – Campus Erechim, RS331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
eng.fabianojorge@hotmail.com

***Resumo.*** *O presente artigo tem como objetivo a análise laboratorial do desempenho do Concreto Betuminoso Usinado a Quente aditivado e aplicado a frio (CBUQAF). Tem o intuito de submeter o material a ensaios em laboratório (densidade aparente - análise granulométrica – volume de vazios – teor de betume – resistência a tração por compressão diametral – estabilidade e fluência Marshall), comparando os resultados obtidos com a Norma DNIT 031/2006 –ES, que regulamenta as especificações de serviço para misturas flexíveis de Concreto Asfáltico. Verificou-se que o material apresenta certo potencial, mas, por consequência das falhas na composição da mistura, o CBUQAF mostrou-se ínfero ao exigido pela Norma DNIT 031/2006-ES, concluindo que o material testado no presente projeto apresentará falhas quando for submetido aos ensaios em pista. Portanto, o CBUQAF comercializado atualmente no mercado requer mais testes, realizando-os com a composição granulométrica correta e dosagem de betume ótimos para identificar seu real desempenho.*

***Palavras-chave:*** *Concreto Betuminoso, patologias, dosagem, desempenho.*

## 1. INTRODUÇÃO

No contemporâneo, de acordo com a Confederação Nacional de Transportes (2014), 61,1% de todo o produto transportado no Brasil escoa por meio da malha rodoviária, sendo o modal responsável por distribuir grande parte do produto produzido no país, colaborando para o desenvolvimento da economia. Entretanto, segundo a CNT (2014) em sua avaliação da qualidade do pavimento no ano de 2016, indicou que 48,3% da malha pavimentada do Brasil apresenta alguma patologia no revestimento, tendo classificação regular, ruim ou péssimo. Assim, o estudo sobre o desenvolvimento de materiais e métodos de reparo do pavimento evoluiu gradativamente, resultando em materiais que facilitam a manutenção da rodovia, mesmo em condições climáticas onde anteriormente não se recomendava a execução do pavimento. Deste princípio surgiu o Concreto Betuminoso Usinado a Quente Aditivado e aplicado à Frio (CBUQAF), sendo um novo conceito de pavimentação, que tem a finalidade de solucionar todos os empecilhos encontrados durante a manutenção da mesma. Desta forma, no presente artigo será testado e analisado em laboratório e em pista pavimentada o CBUQAF.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Pavimentação (LAPAV) da URI – Câmpus de Erechim, através ensaios mecânicos para a análise da resistência a tração, teor de betume e fluência e estabilidade do CBUQAF e se o material atende as especificações de desempenho da Norma DNIT 031/2004, que regulamenta as especificações de serviço do concreto asfáltico. Também foram realizados ensaios físicos para a análise da granulometria, densidade aparente e volume de vazios do CBUQAF, analisando o enquadramento da mistura na Faixa "C" do DNIT.

Foram adquiridas quatro amostras, sendo as amostras A e B do fornecedor 2, porém com data de fabricação diferentes, com o intuito de verificar se o armazenamento influenciaria no desempenho do material. A amostra C foi

adquirida com o intuito de verificar se a diferente composição do material influenciaria no desempenho do material. Após foi adquirida a amostra R, de mesmo fornecedor da amostra C.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Densidade aparente

A densidade aparente depende principalmente da granulometria dos agregados e do grau de compactação. Uma granulometria mais densa aliada ao teor de betume exerce grande influência sobre a densidade aparente, já que cabe ao ligante a tarefa de preencher os vazios deixados pelo agregado.

Uma mistura compactada a frio tende a se compactar menos que uma mistura a quente, assim diminuindo sua densidade aparente.

Na tabela 1 apresentam-se os resultados de densidade aparente obtidos pelas quatro amostras em análise.

Tabela 1. Densidade aparente.

| Amostra | Gmb médio (g/cm³) |
|---|---|
| Amostra A | 2,165 |
| Amostra B | 2,160 |
| Amostra C | 2,340 |
| Amostra R | 2,357 |

Como apresentado na tabela 5, a densidade aparente mostrou-se maior nas amostras C e R, do fornecedor 2, pelo fato de as amostras apresentarem teor de betume de 4,9%, fazendo com que o ligante ocupe mais espaços vazios deixados pelos agregados e assim aumentando sua densidade, enquanto que nas amostras A e B, do fornecedor 1, apresentaram teor de 3,9 %, deixando mais espaços vazios e diminuindo sua densidade.

### 3.2 Volume de vazios

Segundo Bernucci *et al*. (2008), a mistura necessita de volume de vazios de 3 a 5% em camadas de rolamento, que é o que também recomenda a Norma de especificações de serviço.

Tabela 2. Volume de Vazios.

| Amostra | Gmb médio (g/cm³) | DMT (g/cm³) | Vv (%) | Vv (%) DNER – 043 |
|---|---|---|---|---|
| Amostra A | 2,165 | 2,322 | 6,776 | 3 a 5 |
| Amostra B | 2,160 | 2,356 | 8,304 | |
| Amostra C | 2,340 | 2,458 | 4,835 | |
| Amostra R | 2,357 | 2,458 | 4,103 | |

Como observado na tabela 2, apenas as amostras C e R se enquadraram à norma. Já as amostras A e B apresentaram volume de vazios acima do limite estipulado pela norma.

Segundo Vavrik *et al.* (2001 *apud* Vasconcelos, 2004), o esforço de compactação é influenciado por três parâmetros específicos que controlam o volume de vazios do material: granulometria, textura superficial e forma. Segundo o autor, mudanças na granulometria provocam grandes variações no volume de vazios.

Devido as amostras apresentarem falta de agregado graúdo, provocaram variação no esqueleto mineral, não criando uma composição densa e consequentemente a obtenção de volume de vazios acima dos 5% no caso das amostras A e B.

As amostras C e R apresentaram volume de vazios menor que nas amostras A e B, que ocorre devido ao teor de betume maior, assim preenchendo os vazios deixados pelos agregados, e também pela melhora no esqueleto mineral, apresentando uma curva intermediária, como podemos observar nos ensaios de análise granulométrica.

### 3.3 Análise granulométrica

Quanto a análise granulométrica, todas as quatro amostras não se adequaram a faixa “C” DNIT, não apresentando retenção nas peneiras de maior abertura, apresentando falta de agregado graúdo, não obtendo uma curva granulométrica densa e bem graduada, prejudicando o desempenho do material.

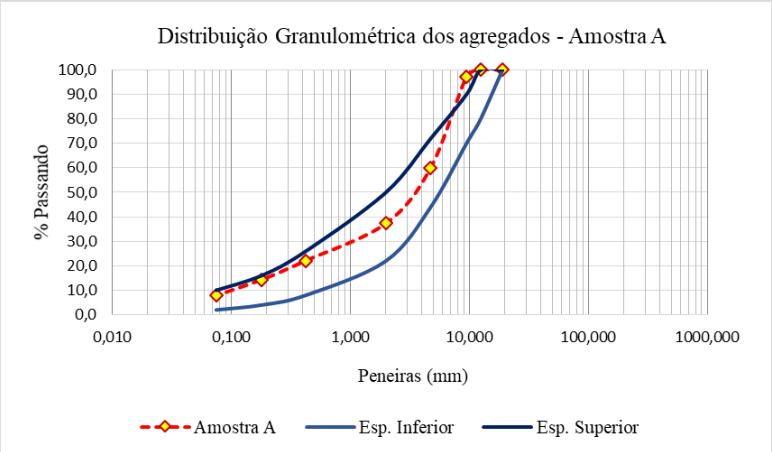



Figura 1. Distribuição granulométrica dos agregados – Amostra A

A amostra A (Fig. 1) adequou-se parcialmente a faixa C do DNIT, se localizando próximo ao limite superior de classificação e não apresentando retenção em peneiras mais grossas, como a 3/4'' e 1/2''. Nesta amostra identificou-se a falta de agregado graúdo.

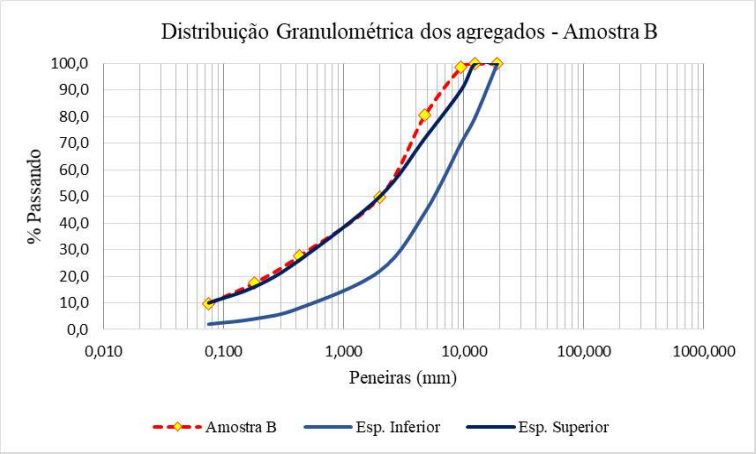



Figura 2. Distribuição granulométrica dos agregados – Amostra B

A amostra B (Fig. 2) não se adequou a faixa C, localizando-se acima do limite superior de classificação, classificando-se assim como uma mistura muito fina, sem ajustar-se a nenhuma faixa de classificação do DNIT.

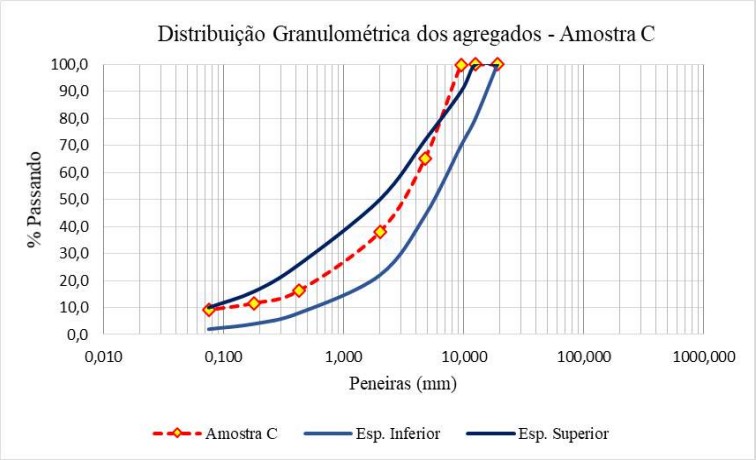



Figura 3. Distribuição granulométrica dos agregados – Amostra C

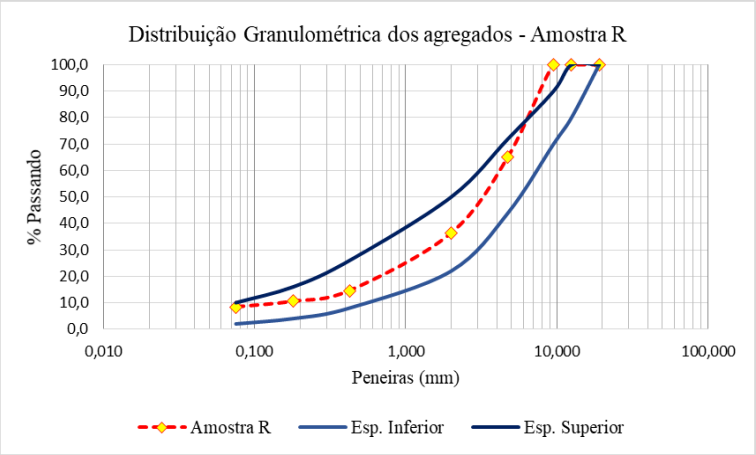



Figura 4. Distribuição granulométrica dos agregados – Amostra R

As amostras C (Fig. 3) e R (Fig. 4) atendem parcialmente a Faixa "C". Nas peneiras intermediárias e finas apresentaram maior percentual retido, fazendo com que a curva granulométrica se localizasse entre as curvas limites. Mesmo assim, em peneiras mais grossas também não apresentaram retenção, tendo a mesma deficiência apresentada pelas outras duas amostras analisadas, da falta de agregado graúdo.

Segundo Chowdhury *et al.* (2001 *apud* Vasconcelos, 2004), o desempenho das misturas asfálticas é prejudicado quando não se obtém um esqueleto mineral adequado, sendo um ponto fundamental para o bom desempenho do material.

### 3.4 Teor de Betume

A Tabela 3 apresenta o teor de betume encontrado para as quatro amostras em análise.

Tabela 3. Teor de betume.

| | Peso amostra (g) | Peso amostra seca (g) | Solúvel (g) | % Ligante |
|---|---|---|---|---|
| **Amostra A** | 821,8 | 789,9 | 31,9 | 3,9 |
| **Amostra B** | 812,3 | 781,7 | 30,6 | 3,8 |
| **Amostra C** | 977,6 | 930,1 | 47,5 | 4,9 |
| **Amostra R** | 965,0 | 918,0 | 47,0 | 4,9 |
| **Teor de Betume (%) DNER-043** | | | | **4,5 a 9** |

Como observado na tabela 1, as amostras A e B apresentaram teor de betume abaixo do limite estipulado pela Norma DNIT 031/2006.

As amostras C e R apresentaram teor de betume de 4,9%, situando-se dentro do limite estipulado pela Norma. Por este motivo, o material apresentou melhora significativa no desempenho do material, como verificado na sequência do presente trabalho.

Como citado anteriormente, Bernucci *et al.* (2008) alertam que as misturas densas são sensíveis à variação do teor de ligante asfáltico, e que, quando dosadas em com baixo teor pode gerar o enfraquecimento da mistura e facilitar o aparecimento de patologias. Por este motivo, a dosagem do ligante é de suma importância para o bom comportamento e desempenho do material.

### 3.5 Estabilidade e Fluência

Quanto a estabilidade, as amostras C e R, do fornecedor 2 apresentaram respectivamente melhora de 33% e 41%, na estabilidade do material, isso com o aumento de 1% do teor de betume, demostrando o quão importante é a etapa de usinagem e a dosagem correta do teor.

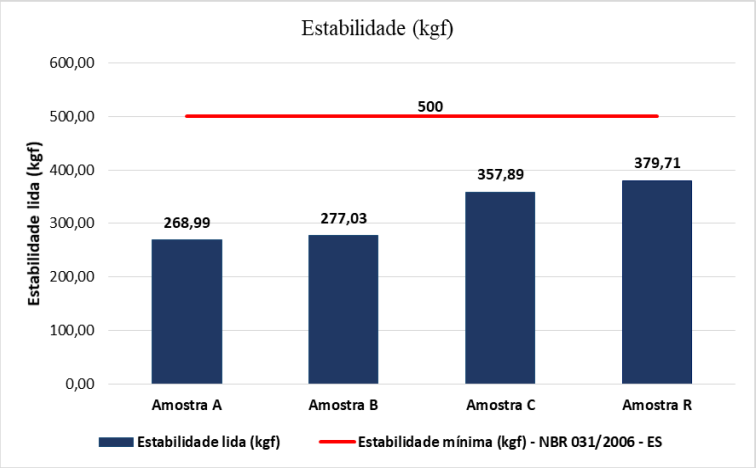



Figura 5. Estabilidade.

A figura 6 apresenta os resultados obtidos para a fluência, em centésimo de polegadas (0,01’’).

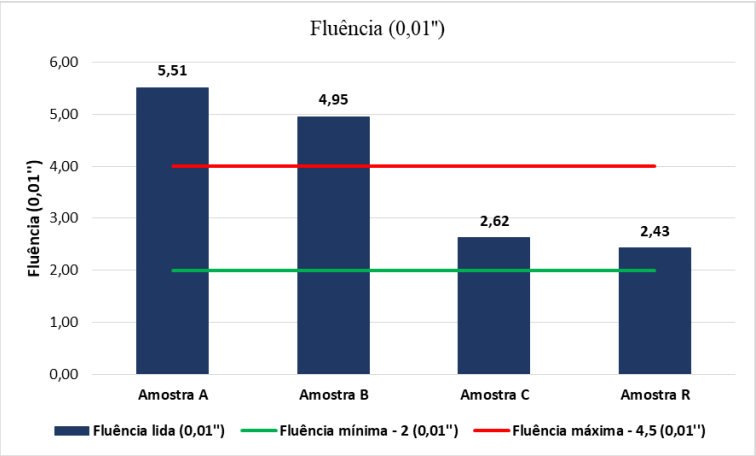



Figura 6. Fluência

As amostras A e B apresentaram maior deformação até o rompimento, que se deve ao baixo teor de betume contido na amostra e também a falta de agregado graúdo, deficiência presente nas quatro amostras analisadas. Já as amostras C e R apresentaram fluência dentro do limite estipulado em norma, demonstrando a importância do teor de betume na composição do CBUQAF.

### 3.6 Resistência a Tração

Como ilustrado na figura 7, as amostras C e R, mesmo não sendo significativos para atingir a resistência de 500 kgf definida pela norma, apresentaram melhora de 48% e 55% respectivamente, em comparação as amostras A e B, novamente reforçando a importância da dosagem do teor de betume, melhorando a ligação entre os agregados. Mesmo assim, as quatro amostras apresentaram a resistência a tração muito abaixo da exigida na Norma DNIT 031/2006 – ES, não atendendo a resistência mínima exigida para o CBUQ.

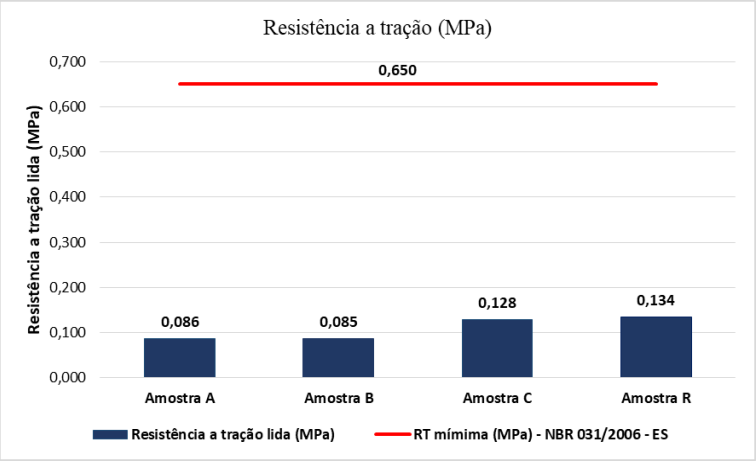



Figura 7. Resistência a tração por compressão diametral.

## 4. CONCLUSÃO

No âmbito geral, as amostras apresentaram desempenho abaixo da resistência mínima definida pela Norma NBR 031/2006 – ES, para especificações de serviço do concreto asfáltico. A principal deficiência apresentada pelo material ocorre no agregado, recorrente em todas as amostras analisadas. A ausência de agregado graúdo, sem a presença de pedra ¾ e ½ prejudicou significativamente a estabilidade, a fluência e a resistência do material, que aliado com o baixo teor de betume provocou a deficiência de ligação entre os agregados, tornando-se inconsistente, apresentando desagregação total quando rompido.

As falhas na execução da mistura causaram sérios danos ao desempenho do material, que certamente serão causadores de patologias quando o material for aplicado em reparos em pista. Em um contexto geral, a composição de uma dosagem correta, com esqueleto mineral de graduação densa e curva granulométrica contínua e bem graduada, bem como a verificação do teor ótimo de betume poderá sanar as dúvidas sobre o real desempenho do material, verificando assim todo seu potencial.

## 5. REFERÊNCIAS

Bernucci, L. B. *et al.* Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2008. 501 p. il.

Confederação Nacional Dos Transporte. Pesquisa CNT de rodovias 2014. São Paulo, 2014.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-ME 083/98: Agregados – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro 1998. 5p.

_____. DNER-ME 117/94: Mistura Betuminosa – Determinação da Densidade Aparente. Rio de Janeiro. 4p.

_____. DNER-ME 043/95: Mistura Betuminosa a Quente – Ensaio Marshall. Rio de Janeiro. 11p.

_____. DNER-ME 053/94: Misturas Betuminosas – Percentagem de Betume. Rio de Janeiro. 5p.

Departamento Nacional De Infra-estrutura de Transportes - DNIT. Manual de pavimentação. Rio de Janeiro: IPR, 2006 a. 271 p.

_____. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. 2.ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006 a. 310 p.

_____. DNIT 031/2006 – ES: Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificações de Serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2006 a. 14p.

_____. DNIT 138/94 – ES: Pavimentos Flexíveis – Misturas Betuminosas – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2009 a. 5p.

_____. DNIT 006/03 – PRO: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos – Procedimento. Rio de janeiro: IPR, 2003 a. 10p.

Silva, P. F. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2.ed. São Paulo: Pini, 2008.

_____. Manual de técnicas de pavimentação. 2.ed. – São Paulo: Pini, 2001.

Vasconcelos K. L. Comportamento mecânico de misturas asfálticas a quente dosadas pelas metodologias Marshall e Superpave com diferentes granulometrias. Pós-Graduação em Engenharia De Transportes, Universidade Federal do Ceará, 2004.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído nesse artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA UTILIZAÇÃO DE PASTA PARA A ADERÊNCIA DE CONCRETOS COM DIFERENTES IDADES PARA RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

**Keli Vechiato Kempfer**
**Vinicius Tochetto**
**Rodrigo Von Dentz**
URI – Universidade Regional Integrada. Câmpus II- RS 331, nº 345 – Bairro Demoliner, Erechim, RS.
kelikempfer@hotmail.com; viniciusandre@gmail.com ; rodrigovondentz@outlook.com

***Resumo.*** *Em inspeções de construções, é comum encontrar estruturas que, muito antes de atingirem sua vida útil, já necessitam de reparos e reforços. Com isso, reparações e reforços em estruturas de concreto armado vêm sendo uma das grandes preocupações no campo na construção civil, logo estudar estes tipos de estruturas é de extrema importância. O presente trabalho buscou, então, avaliar a aderência concreto-concreto para situações de reforços e reparações. Para isso, foram moldados 11 corpos de provas cilíndricos sendo cortados e concretados novamente com uma diferença de 28 dias, tendo diferentes tipos de tratamentos na junta, e submetidos aos ensaios de compressão axial. Os tratamentos, utilizados para as juntas, foram o apicoamento simples com superfície seca e úmida, e apicoamento com aplicação de pasta de cimento CP V-ARI, também com superfície seca e úmida. Os resultados mostram que praticamente todos os tratamentos foram eficazes, atingindo o fcj do concreto antigo, com exceção da combinação que possuía a superfície seca com a utilização da pasta cimentícia. O tratamento mais eficaz foi o apicoamento com a superfície seca, sem aplicação de pasta, atingindo a maior resistência, até mesmo superando o fcj do concreto antigo.*

***Palavras chave****: Aderência, concretos de diferentes idades, tratamentos na junta de concretagem*

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme Mehta e Monteiro (2008) pode-se afirmar que o concreto é o material de construção mais consumido do planeta. Sua aplicação é bastante antiga e sua composição praticamente não sofreu grandes modificações ao longo do tempo. Pela sua vasta aplicação e relativamente pouca variabilidade de composição ao longo dos anos, a técnica de execução do concreto já estaria consolidada, a ponto de se obter estruturas quase que perfeitas. Entretanto, o que se vê no ambiente prático é o aparecimento cada vez mais comum de falhas em estruturas de concreto e a sua degradação precoce, sendo muitas vezes necessário restringir o uso da estrutura ou até mesmo demoli-la.

Ainda segundo Mehta e Monteiro (2008) os gastos com reparações e manutenções nas indústrias das construções já chegam a 40% dos recursos totais em países industrializados, aumentando assim o interesse de engenheiros e projetistas pelo assunto da durabilidade.

Numa recuperação ou reparo em estrutura de concreto, em que haja necessidade de aderência entre concretos de diferentes idades, é importante que se tenha conhecimento acerca dos fatores que influenciam na resistência da interface entre concreto de substrato e concreto de recuperação (DORIA, SALES E ANDRADE, 2015).

Para Marek e Vanderlei (2007) a maior dificuldade encontrada nas reparações e reforços é garantir que a aderência entre os concretos com diferentes idades ocorra de forma segura. Pois é nesta interface que podem ocorrer problemas como a segregação de materiais e a carbonatação, comprometendo a união entre as peças.

Diante da relevância do tema, o objetivo da presente pesquisa é verificar como se comporta a aderência entre dois concretos com 28 dias de diferença, e analisar se o método de utilização de pasta para união de concretos de diferentes idades é eficaz através de ensaio mecânico de compressão uniaxial.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na presente pesquisa avaliou-se a aderência entre concretos que possuiam 28 dias de diferença de idade, com a utilização de pasta (cimento portland + água) com CP V-ARI, aplicados em corpos de prova cilíndricos com diferentes tratamentos superficiais, todas superfícies foram apicoadas, porém, do total de 12 corpos de prova, 6 possuíam superfície úmida. A pesquisa foi baseada em ensaios laboratoriais realizados no LAPATEC – Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas – URI Câmpus Erechim – RS.

Primeiramente foram confeccionados e moldados 6 corpos de prova (CP'S) cilíndricos, com dimensões de 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro, cujo concreto foi dosado de acordo com o método IPT/EPUSP descrito por Helene e Terzian (1992). O cimento utilizado foi o cimento Portland composto (CP II-Z) e a resistência atingida foi fck ≥ 25 MPa. O adensamento do concreto foi realizado com a mesa vibratória e os CP's armazenados em câmara úmida durante 28 dias. Completado o período de cura, os corpos de prova receberam um corte transversal com um ângulo de 30º com a vertical, orientado pela ASTM C882/C882M (2013), obtendo-se assim, duas metades iguais com uma interface de ligação de área igual ao dobro da área superficial da base do corpo de prova, conforme Fig. 1, para posteriormente serem recolocados nas fôrmas cilíndricas para serem utilizados como base para aplicar o concreto fresco com aplicação do tratamento superficiais, totalizando 12 CP'S. A Fig. 2 traz exemplo dos corpos de prova.

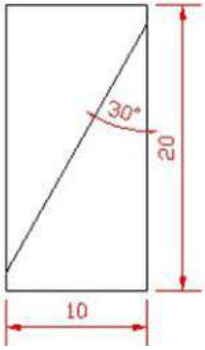



Figura 1 – Croqui para corte das amostras. Fonte: Natal e Godino (2017).

Figura 2 - Corpos de prova cortados. Fonte: Autores.

O concreto utilizado para confecção dos CP's e o empregado para o novo concerto, possuíam as mesmas características, sendo elas as apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1 – Características do concreto

| Traço Unitário | Relação a/c | Fcj para DP = 4 | Cc | α | Abatimento | Aditivo | fck |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1:2,49: 2,97 | 0,51 | 31,6 MPa | 347,26 kg/m³ | 54% | 90 mm | 0,1% | 25 MPa |

## 2.1 Tratamento superficial da junta

Foram adotados quatro métodos de tratamento na superfície da junta de concretagem: apicoamento e aplicação da pasta com superfície úmida e o outro com superfície seca, e apicoamento simples com superfície seca e úmida. O apicoamento foi realizado de forma simples com uma picareta (Fig 3a), cuidando para não danificar os CP's e afim de criar uma rugosidade na superfície da junta, facilitando a aderência. A Fig. 3b, mostra alguns CP's com a superfície já apicoada.

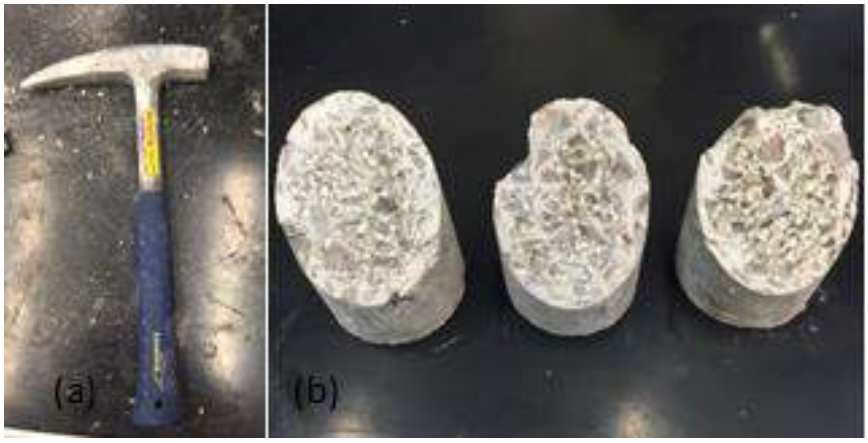



Figura 3 - (a) picareta (b) corpos de prova apicoados. Fonte: Autores, 2018.

**2.2 Aplicação da pasta**

A pasta utilizada para união do concreto de diferentes idades possui traço 1:0,4 (cimento CP V-ARI: água). Para a junção faz-se uso de 300 gramas de cimento e 120 gramas de água, respeitando o traço imposto. Sobre os corpos de prova com concreto velho foi aplicado uma camada de aproximadamente 2 mm para receber o novo concreto. Como mostrado na Fig 4.

Figura 4 - Corpo de prova com pasta. Fonte: Autores, 2018.

**2.3 Realização da nova concretagem**

Após 28 dias da primeira concretagem, apicoamento da superfície e aplicação da pasta, como descrito anteriormente, foi posto nos moldes, preenchidos com o novo concreto, obtendo-se assim, 11 corpos de prova, pois houve falta de concreto para um último, então levado a mesa vibratória para adensamento. Após 24h os corpos de prova foram desmoldados e submetidos à cura em uma câmara úmida por 28 dias. A Tab. 2 apresenta a forma de tratamento superficial, a quantidade de corpos de prova e suas respectivas nomenclaturas. Já a Fig. 5 ilustra os corpos de prova já adensados e identificados.

Tabela 2 – Diferentes tratamentos superficiais.

| Tratamento Superficial | Nº de CP's | Nomenclatura |
|---|---|---|
| Apicoamento + adesivo – Superfície seca | 3 | SP+Ad |
| Apicoamento – superfície úmida | 3 | SU |
| Apicoamento + adesivo – Superfície úmida | 3 | SU+Ad |
| Apicoamento – superfície seca | 2 | SP |

Figura 5 - Corpos de provas adensados e identificados. Fonte: Autores.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Passados os 28 dias de cura, realizou-se o ensaio de compressão axial para os corpos de prova moldados. A Fig. 6 mostra um CP na prensa, observa-se que rompe na junta. As tab. 3 a 8 contém os valores de resistência à compressão obtidos, juntamente com a média, desvio padrão e tipo de rompimento.

Figura 6 - Corpos de provas sendo submetidos à compressão. Fonte: Autores.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de compressão para SP + Ad.

| Amostra | Idade dos corpos de prova (dias) | Resistência à compressão Axial - Concreto Novo (MPa) | Tipo de Rompimento |
|---|---|---|---|
| **CP1** | 28 | 28,66 | Monolítico |
| **CP2** | 28 | 29,63 | Na junta |
| **CP3** | 28 | 32,18 | Na junta |
| **Média** | | 30,16 | - |
| **Desvio Padrão** | | 1,81 | - |
| **Coeficiente de Variação (%)** | | 6,00 | - |

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de compressão para SU.

| Amostra | Idade dos corpos de prova (dias) | Resistência à compressão Axial - Concreto Novo (MPa) | Tipo de Rompimento |
|---|---|---|---|
| **CP1** | 28 | 32,63 | Na junta |
| **CP2** | 28 | 28,15 | Na junta |
| **CP3** | 28 | 35,25 | Monolítico |
| **Média** | | 32,01 | - |
| **Desvio Padrão** | | 3,59 | - |
| **Coeficiente de Variação (%)** | | 11,21 | - |

Como o coeficiente de variação ficou a cima de 6% para o ensaio de compressão para SU, foi realizado um tratamento estatístico de dados, onde realizou-se o cálculo de uma nova média com os resultados que estavam dentro do intervalo da média menos uma vez o desvio padrão e da média mais uma vez o desvio padrão. Os resultados espúrios, que não estavam dentro deste intervalo, foram desconsiderados. Os resultados tratados estão expressos na Tab. 4.

Tabela 5 – Resultado do tratamento de dados para SU.

| Amostra | Idade dos corpos de prova (dias) | Resistência à compressão Axial - Concreto Novo (MPa) | Tipo de Rompimento |
|---|---|---|---|
| **CP1** | 28 | 32,63 | Na junta |
| **CP2** | 28 | 35,25 | Monolítico |
| **Média** | | 33,94 | - |
| **Desvio Padrão** | | 1,85 | - |
| **Coeficiente de Variação (%)** | | 5,46 | - |

Tabela 6 – Resultados dos ensaios de compressão para SU+Ad.

| Amostra | Idade dos corpos de prova (dias) | Resistência à compressão Axial - Concreto Novo (MPa) | Tipo de Rompimento |
|---|---|---|---|
| **CP1** | 28 | 33,15 | Na junta |
| **CP2** | 28 | 32,35 | Na junta |
| **CP3** | 28 | 26,51 | Monolítico |
| **Média** | | 30,67 | - |
| **Desvio Padrão** | | 3,62 | - |
| **Coeficiente de Variação (%)** | | 11,81 | - |

Assim como para o SU, foi realizado o mesmo tratamento de dados, obtendo-se os valores expressos na Tab 7.

Tabela 7 – Resultado do tratamento de dados para SU + Ad.

| Amostra | Idade dos corpos de prova (dias) | Resistência à compressão Axial - Concreto Novo (MPa) | Tipo de Rompimento |
|---|---|---|---|
| **CP1** | 28 | 33,15 | Na junta |
| **CP2** | 28 | 32,35 | Na junta |
| **Média** | | 32,75 | - |
| **Desvio Padrão** | | 0,57 | - |
| **Coeficiente de Variação (%)** | | 1,73 | - |

Tabela 8 – Resultados dos ensaios de compressão para SP.

| Amostra | Idade dos corpos de prova (dias) | Resistência à compressão Axial - Concreto Novo (MPa) | Tipo de Rompimento |
|---|---|---|---|
| **CP1** | 28 | 28,25 | Na junta |
| **CP2** | 28 | 35,25 | Monolítico |
| **Média** | | 31,75 | - |
| **Desvio Padrão** | | 28,25 | - |
| **Coeficiente de Variação (%)** | | 77 | - |

Devido à combinação SP ter apenas 2 CP's, não foi possível fazer um tratamento de dados, porém a NBR 5739 (2007) permite utilizar o maior valor como resultado, resultando, então, em uma resistência de 35,25 MPa.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os ensaios realizados pode-se concluir que:

- A maioria dos tratamentos utilizados foram eficazes, com exceção da combinação SP+Ad, que ficou com uma resistência média abaixo do Fcj do concreto antigo. Um dos motivos para a ocorrência deste problema, foi uma provável saturação dos poros do apicoamento do concreto velho por conta da utilização da pasta. Porém, mesmo assim, obteve uma média maior que o Fck de 25 MPa;
- Observa-se que do total de 11 CP's rompidos 7 romperam na junta, a causa pode ter sido por falha no apicoamento, falha na hora de aplicar a pasta, podendo ter uma espessura maior que a espessura recomendada de 2 mm. A diferença no módulo de elasticidade da pasta de cimento e o concreto também pode ter provocado ruptura na junta;
- Por fim, avalia-se que a melhor alternativa para a ancoragem do concreto novo com um concreto velho seria apenas o apicoamento com a superfície seca (SP), por ter até mesmo superado o Fcj do concreto antigo. Alguns dos possíveis motivos seriam a alta porosidade (proporcionando uma ancoragem adequada) e não possuindo a pasta de cimento os módulos de elasticidade podem ser semelhantes.

## 5. REFERÊNCIAS

_____. NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. C882 / C882M: Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete By Slant Shear. Estados Unidos, 2013.

Doria, M. R.; Sales, A. T. C; Andrade, N. F. de A.,2015 "Bond strength between stell-concrete and between concretes with different ages in structural rehabilitation" *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, V. 8, n. 5, p.604-624.

Helene, P.; Terzian, P., 1992. *Manual de dosagem e controle do concreto*. Editora PINI, 1ª edição, São Paulo, SP, Brasil.

Marek Filho, C. A. M.; Vanderlei, R. D. "Estudo das ligações entre concretos de diferentes propriedades solicitados à flexão pura" In *I Seminário de Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá* – Maringá: SEVEN, 2007.

Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. 2008. "Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais." In *IBRACON* São Paulo.

Natal, C. R. F.; Godinho, D. S. S., 2017. *Estudo da aderência entre concretos com diferentes idades utilizados para recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.* TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia, Unesc, Criciúma,

Sampaio, Í. A., 2010. *Avaliação de materiais na ligação entre concreto novo/concreto velho*. Monografia (especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS COM A INCORPORAÇÃO DE GARRAFAS PET

**Rosana Salete Dallagnol**
**Marcos Paulo Cielo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Uri Campus II, RS 331, Erechim – RS
RosanaS.Dallagnol@hotmail.com / mapcielo@uricer.edu.br

***Resumo:*** *O desenvolvimento sustentável, da construção civil, está diretamente ligado à racionalização, à reciclagem e ao reaproveitamento de materiais considerados como lixo. A transformação do "lixo" em algo proveitoso pode-se dar através da Engenharia, sendo que esta, por sua vez, estaria contribuindo para reduzir sua parcela culposa dos impactos ambientais. Neste cenário, o presente estudo teve como finalidade desenvolver um novo modelo de bloco para alvenaria de vedação, que leve em seu interior garrafas PETs de 500,0 ml e/ou 600,0 ml, formado por argamassa. Para sua conceituação como alvenaria de vedação foi confeccionado quatro modelos de blocos, sendo dois com as garrafas de 500,00 ml e dois com as garrafas de 600,00 ml. Os dois blocos com as garrafas de 500,00 ml são intitulados como BlocoA (levando uma garrafa em seu interior) e BlocoB (duas garrafas em seu interior). Já os blocos com as garrafas de 600,00 ml são: BlocoC (um PET) e BlocoD (dois PETs). A análise seguiu-se através da determinação e caracterização da argamassa industrializada utilizada, para confecção dos blocos. E, quanto os blocos, estes são avaliados perante as suas características geométricas e mecânicas, ficando comprovada a possibilidade de utilização dos BlocoA e BlocoC como bloco para alvenaria de vedação, pois atingiram uma resistência superior a 3,00 MPa.*

***Palavras Chave:*** *Blocos. Garrafas PET. Argamassa. Alvenaria de vedação.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Cardoso et al. (2016) a indústria da construção civil representa um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social de um país, pois é um dos setores com grande responsabilidade nos impactos ambientais. Sendo estes relacionados ao fato de que a construção civil gera numerosos resíduos, diariamente, bem como consome inúmeros recursos naturais, atraindo assim, diversas discussões a cerca da necessidade de se buscar o desenvolvimento sustentável das atividades realizadas neste ramo. É também necessário pensar em formas de medidas que venham para reduzir os impactos ambientais gerados e, associados a este, estão os problemas relacionados à qualidade, desempenho e a durabilidade das construções.

Visto que as soluções mais evidentes em relação ao desenvolvimento sustentável estão relacionadas aos três "Rs" (reduzir, reciclar e reaproveitar). É na construção civil a grande possibilidade de aplicá-los, afinal o campo da engenharia pode sim contribuir para o surgimento de novos materiais, produtos e tecnologias, capazes de tornar o setor sustentável.

Pensando no reaproveitamento de materiais Boso et al. (2015) afirma que há inúmeras formas de se reutilizar resíduos industriais. Nesse aspecto foi selecionado, para este estudo um tipo de plástico, pois este é um resíduo que acarreta grandes impactos ambientais por apresentar características que dificultam sua degradação, ter baixa densidade e ocupar vasto espaço no ambiente por meio de um descarte acelerado (se comparado com outros produtos). É na garrafa de poli tereftalato de etileno (PET) que se pode pensar em uma solução para a redução de resíduos em aterros sanitários auxiliando na diminuição dos impactos ambientais, afinal é um elemento que, segundo Galli et al. (2012) apresenta grande resistência térmica e mecânica, características importantes para uma edificação.

No Brasil, segundo o censo realizado pela Associação Brasileira da Indústria do pet (ABIPET, 2016) a baixa atividade econômica e o preço do petróleo são fatores que diminuem a rentabilidade e a atratividade da reciclagem. Citam-se os setores têxtil, químico e automotivo que obtiveram quedas de praticamente 50,0% nas atividades, o que reflete negativamente na reciclagem, eis que são os grandes consumidores do PET transformado em matéria-prima reciclada.

Aqui, depara-se, que no ano de 2015 apenas 51,0% de todo PET produzido foi reciclado, aproximadamente 263.000,0 toneladas foram descartadas no ambiente. Aliás, salienta-se que a realidade dos investimentos no setor de

reciclagem de PET é ainda mais grave, pois apenas 33,0% das empresas recicladoras planejam continuar investindo no ramo.

Diante disso, é notória a necessidade de novos meios de reuso e reciclagem do material, para diminuir o descarte inapropriado do PET, sendo propício o que é proposto neste estudo, pois a utilização de garrafas PET no interior de blocos argamassados é uma nova forma de reaproveitamento do material.

## 2. METODOLOGIA

Estudo deu-se pelo método experimental, através da produção de blocos com garrafas PET, sem seus rótulos, de quatro dimensões diferentes, devido à quantidade e o tipo das garrafas. Sendo, o BlocoA composto de uma garrafa PET de 500,00ml e o BlocoB composto de duas garrafas de 500,00ml; já o BlocoC e BlocoD compostos respectivamente com uma e duas garrafas PET de 600,00ml.

Lembrando que as garrafas PET são selecionadas, para que estejam livres de furos, amaçados, sujidades, bem como seus rótulos. Sendo posicionadas verticalmente com a tampa para cima.

### 2.1 Seleção da argamassa

A escolha de se fazer um bloco de argamassa teve como o peso seu principal fator, pois se confeccionados com concreto o bloco acabaria tornando-se muito pesado, dificultando seu uso em obra. Sendo o traço 1:5,1 o selecionado através das caracterizações (ensaio de resistência à compressão axial e resistência à tração na flexão). Argamassa essa com 4,24 MPa de resistência à compressão e 0,18 MPa de resistência à tração.

### 2.2 Determinação das dimensões dos blocos

As garrafas PETs de 500,0 ml usadas na confecção dos blocos A e B apresentam altura de 21,0 cm e diâmetro de 6,0 cm, sendo de uma única marca para que não se tenha valores diferentes de resistência e de vazios internos nos blocos.
Já os blocos C e D o PET em seu interior é também de uma única marca, porém com dimensões de: 23,0 cm de altura e 7,0 cm de diâmetro máximo, pois se trata de garrafas de 600,0 ml.

As dimensões dos blocos foram idealizadas conforme a altura e o diâmetro máximo das garrafas, prezando que estas fiquem envoltas em uma camada de 4,0 cm de argamassa. Sendo as medidas finais: BlocoA 140 X 290 X 140 mm; BlocoB 140 X 290 X 240 mm; BlocoC 150 X 310 X 150 mm e BlocoD 150 X 310 X 260 mm.

### 2.3 Caracterização dos blocos

Por se tratar de um bloco de argamassa sem aberturas, porém com vazios internos preenchidos de ar comprimido, utilizou-se das normas ABNT ─ NBR 15270:2005, ABNT ─ NBR 6136:2014, ABNT ─ NBR 12118:2013. Sendo, respectivamente, normas para blocos cerâmicos de alvenaria estrutural e de vedação; e para blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos e blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio.

#### 2.3.1 Caracterização mecânica

A caracterização mecânica consiste em determinar a resistência à compressão dos 13 blocos, de cada tipo, sendo estes os mesmos exemplares utilizados na caracterização geométrica. Todos os corpos de prova são ensaiados de modo que a carga aplicada esteja na direção do esforço que o bloco suporta durante sua utilização (perpendicular à face do assentamento), e se eleve progressivamente à razão de 0,05 ± 0,01 MPa/s.

A ABNT NBR 15270-1:2005, Tabela 1, especifíca valores mínimos de resistência à compressão, dos blocos cerâmicos de vedação, conforme os furos que estes apresentam, e impõem para aceitação e rejeição do lote de amostragem oque apresenta-se na Tabela 3.

Tabela 1. Resistência à compressão.

| Posição dos furos | fb (MPa) |
|---|---|
| Para blocos usados com furos na horizontal | ≥ 1,5 |
| Para blocos usados com furos na vertical | ≥ 3,0 |

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

É importante informar que os blocos não apresentam nenhum furo, perceptível na Figura 1, porém é apropriado conceituá-los como blocos argamassados com furos verticais. Pois, consideram-se as garrafas como vazios, afinal por mais que apresentem determinada resistência, seu interior não está preenchido.

Figura 1. Blocos representando a falta de furos

Ao verificar as resistências (fbk) obtidas na amostragem do BlocoA – composto somente de uma garrafa PET de 500,00 ml – e comparadas a resistência mínima exigida (fb,min), Figura 2, percebe-se que todos os blocos, exceto a amostra cinco, atingiram valores de resistência superiores ao necessário para conceituá-los como blocos de vedação. Sendo assim o lote da amostragem em questão é aceita e pode ser usada como alvenaria de vedação.

Em contra partida na amostragem do BlocoB – composto de duas garrafas de 500,00 ml –,apresentada na Figura 3, percebe-se que todos os blocos não atingiram os valores de resistência necessária para conceituá-los como blocos de vedação, também se observa que há uma diminuição de 48,00% na resistência do BlocoB comparado ao BlocoA.

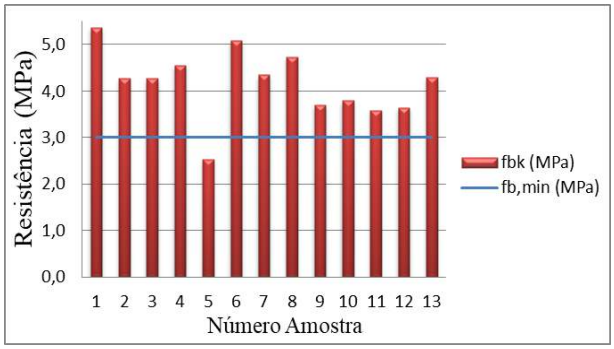



Figura 2. BlocoA

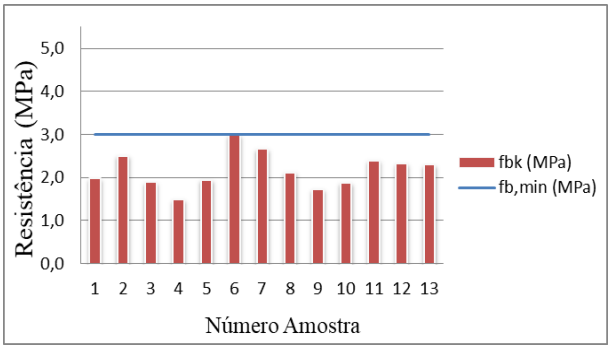



Figura 3. BlocoB

A disparidade de valor entre a amostra cinco e as demais do BlocoA, é justificada pela confecção dos blocos, pois nesta amostra em específico ao término do ensaio foi possível visualizar um pequeno deslocamento da garrafa para uma lateral do bloco, Figura 4, sendo este fator o responsável pela diminuição da resistência.

Figura 4. BlocoA-5

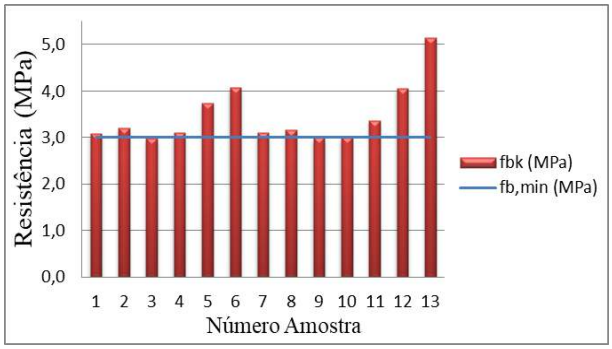



Figura 5. Fissuras BlocoC

Na Figura 5 percebe-se que todos os blocos – BlocoC composto de uma garrafa de 600,00 ml – atingiram resistência necessária para sua conceituação em alvenaria de vedação. Já a Figura 6 mostra as resistências do BlocoD, sendo possível averiguar que não se encaixa como alvenaria de vedação e que sofreu uma redução de 33,81% da resistência em comparação ao BlocoC.

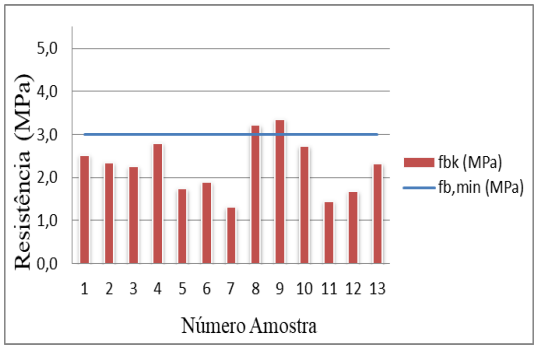



Figura 6. BlocoD

Figura 7. Fissuras BlocoB

Os fatores que levaram a redução de resistência apresentada nos maiores blocos são: a pouca aderência entre as laterais das garrafas e a argamassa que a envolve; e devido às garrafas resistirem à força sofrida em separado e não como uma única estrutura, pois estas são separadas por uma camada de argamassa. Como visualizado nas Figuras 7 e 8 as fissuras iniciam nas faces superiores, propagando-se com maior incidência na parte inferior, e sempre desplacando a argamassa do PET, o que comprova a falta de aderência.

Figura 8. Fissuras BlocoD

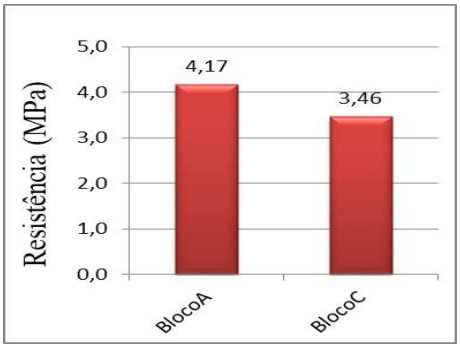



Figura 9. Média das resistências

Os menores blocos (BlocoA e BlocoC) são os possíveis de utilização na construção civil, por isso analisou-se suas resistências médias, Figura 9, na qual constatou-se uma diminuição de 17,00% na resistência do BlocoC em relação o BlocoA. A justificativa para a resistência ter sido inferior encontra-se na aderência da argamassa com a garrafa PET, pois a garrafa de 500,00 ml apresenta ranhuras o que dificulta o escorregamento entre o PET e a argamassa, que resulta em uma fissura única, em cada face, de abertura quase constante como mostrado na Figura 10. E a garrafa de 600,00 ml além de ser lisa, tem um formato mais alongado, gerando uma maior área de contato com a argamassa que tem uma facilidade maior para escorregar, resultando em fissuras em varias direções, Figura 11, que craquela tanto na face superior quanto inferior rompendo-se ao redor do PET.

Figura 10. Fissuras BlocoA

Figura 11. Fissuras BlocoC

## 4. CONCLUSÃO

Este estudo teve como principal proposta o desenvolvimento de um novo tipo de bloco para alvenaria de vedação, buscando reaproveitar um material produzido em grande escala, mas não reciclado na mesma medida, e, que na maioria dos casos é descartado de forma incorreta trazendo inúmeros prejuízos ao meio ambiente.

Buscando comprovar a possibilidade de uso de garrafas PETs, no interior de blocos argamassados, através do ensaio de compressão como o descrito na NBR 15270:2005. Após todas as discussões e análises, observa-se que dois modelos, dos quatro ensaiados, atingiram e/ou superaram o mínimo exposto na norma em questão.

Pressupõe-se que, o fato de os menores blocos (BlocoA e BlocoC), terem atingido a classificação de blocos de vedação, é motivado pela quantidade de PETs, e pela forma em que foram distribuídas no interior do mesmo.

Também é constatada que o tipo da garrafa utilizada causa interferência na resistência final, pois o BlocoA (garrafa de 500,00 ml que apresenta ranhuras) atingiu valores maiores de resistência em comparação do BlocoC (garrafa de 600,00 ml, lisa e alongada).

Por fim, os pontos positivos obtidos neste estudo são a diminuição de PET descartado na natureza, a diminuição do custo em relação à confecção de um bloco de mesmo material (sem PET) e, a verificação de que dois blocos dos modelos propostos poderão ser inseridos no meio da construção civil. Mas, vale ressaltar que depois de todas as análises e avaliações dos resultados obtidos, há o entendimento de que a falta de aderência entre o PET e a argamassa tenha ocasionado um cisalhamento na “estrutura”. Portanto as garrafas não passam de um preenchimento interno dos blocos, assim sendo, este o ponto falho desse estudo e o mais indispensável de investigação em trabalhos futuros.

## 5. REFERÊNCIAS

ABIPET – Associação Brasileira da Indústria do pet. Censo da Reciclagem de PET no Brasil. Décimo Censo de Reciclagem do PET no Brasil, 01 de novembro de 2016. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3> Acesso em: 3 de novembro de 2017.

ABIPET – Associação Brasileira da Indústria do pet. Resina PET – História. 2012. Disponível em: http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=46 Acesso em: 13 de setembro de 2017.

ALVES E.; FERREIRA E. M.; GOMES C. A; PENIDO H. S.; SILVA S. H. Estudo de garrafas PET incorporadas aos blocos de concreto – Aplicação alternativa na construção. IN: XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2007. Disponível em:<http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2007/trabalhos/engenharias/inic/INICG00236_01 C.pdf> Acesso em: 31 ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração e à compressão. Rio de Janeiro 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270: Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria de estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Métodos e ensaios. Rio de Janeiro 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro 2013.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A IMPORTÂNCIA DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Rubem Enedir Machado Silveira[1]**
**Guilherme Manfredini Bueno[1]**
**Marco Aurélio Stumpf González[2]**
[1]UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) – Av. Unisinos 950, Bairro Cristo Rei, CEP 93022-750, São Leopoldo, RS
[2]UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Av. Unisinos 950, Bairro Cristo Rei, CEP 93022-750, São Leopoldo, RS
rubem_m@terra.com.br; guilherme-m-b@hotmail.com; mgonzalez@unisinos.br

***Resumo.*** *A indústria da construção é considerada responsável por grande parte do total de resíduos gerados pelos seres humanos. No entanto, a falta de gestão de projetos de construção contribui para atrasos na obra e desperdício de materiais, cooperando com o aumento dos resíduos gerados, além dos impactos ambientais, sociais e econômicos. Este estudo tem por objetivo mostrar a importância que o gerenciamento de projetos associado a busca pelo desenvolvimento sustentável representa para o projeto de edificações. Para cumprir com o objetivo proposto foi feita uma consulta de dados apresentados pela literatura técnica. Os resultados indicaram que a falta de planejamento das construções gera desperdícios e, portanto, os projetistas devem levar em considerar as ferramentas existentes que facilitem a harmonização dos projetos, sempre buscando o desenvolvimento sustentável e a minimização de resíduos.*

***Palavras-chave:*** *gerenciamento de projetos, desenvolvimento sustentável, desperdícios, minimização de resíduos.*

## 1. INTRODUÇÃO

As grandes quantidades de resíduos gerados pela indústria da construção em diversos países representam um problema crescente que requer planejamento, gerenciamento e monitoramento eficazes (Llatas e Osmani, 2016). No Brasil, está em vigor desde 2002 a Resolução n° 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil (Brasil, 2002). Apesar das exigências há uma falta de conscientização de construtoras e responsáveis técnicos para solucionar o problema gerencial que é deficiente na parte de controle e planejamento, acarretando na geração de resíduos e atrasos no decorrer das etapas construtivas.

Em obras de construção civil, a falta de controle e planejamento acaba gerando retrabalhos, gastos adicionais, geração de resíduos e atrasos no cronograma das obras (Won e Cheng, 2017). Para que um plano de gerenciamento de projetos de construção seja considerado efetivo é necessário que o método de sua aplicação siga modelos já testados que garantam um bom resultado final. Estes modelos de referência ajudam no processo de busca por melhoria continua, sendo que devem ser buscadas técnicas cada vez melhores (Cooke e Williams, 2013).

Para perseguir o sucesso dos projetos de construção, o risco deve ser gerenciado de forma eficaz (Chapman e Ward, Du et al., 2016). Os projetos de construção também podem ser confrontados com problemas entre os envolvidos, incluindo conflitos entre membros da equipe do projeto, como clientes e contratados (Hwang e Ng, 2016).

Conforme Vargas (1998), durante a fase de planejamento do projeto, os custos para realizar alterações são mínimos e, conforme o projeto vai se desenvolvendo e a construção sendo executada, as alterações podem representar custos significativos (Fig. 1).

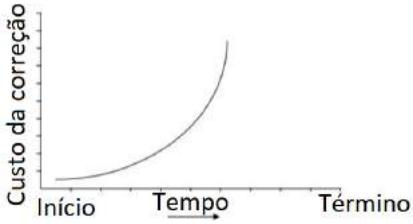



Figura 1. Relação entre tempo decorrido e custo de correção (Vargas, 1998)

Entretanto, os projetistas não reservam muito tempo para as fases iniciais do projeto, além da falta de recursos destinados a esta etapa. Além disso, com o surgimento de novas tecnologias, mudanças sociais e econômicas que vem ocorrendo tornam os projetos complexos, sendo que além dentro do contexto da sustentabilidade, há uma exigência por construções que atendam a níveis mínimos de conforto, que sejam saudáveis, produtivas e apresentem eficiência energética (Kowaltowski et al., 2006).

Além de um gerenciamento de projetos efetivo, o atual cenário da construção civil exige que as empresas estejam inseridas no contexto de sustentabilidade, apresentando bom desempenho em seus projetos e ao mesmo tempo sendo mais eficientes (Ochoa, 2014). Nota-se um aumento na interação entre os projetos e a sustentabilidade, na qual os profissionais estão cada vez mais atentos em adotar esta filosofia, que além da esfera ambiental, envolve aspectos econômicos e sociais, conforme mostrado na Fig. 2 (Kang, Yeunsook e Kim, 2016; Reis, 2015).

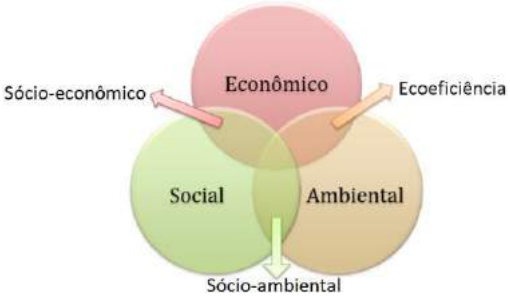



Figura 2. Esferas do desenvolvimento sustentável (Reis, 2015)

Percebe-se também que vem ocorrendo a expansão cada vez mais rápida das construções em centros urbanos, o que é um grande desafio para a sociedade. Alguns dos problemas que são encontrados na indústria da construção civil consistem na escassez de recursos naturais não renováveis, e obras cada vez mais rápidas, apresentando erros construtivos e não há um efetivo plano de gerenciamento de resíduos de construção, o que implica em impactos ambientais pelo desperdício de matéria prima e escassez de áreas para dispor corretamente o que não é aproveitado (Bakshan et al., 2017).

Apesar do rápido crescimento, as edificações devem apresentar níveis mínimos de desempenho. Para solucionar mais esta lacuna, entrou em vigor no Brasil em 2013 a Norma de Desempenho de Edificações – NBR 15575 (ABNT, 2013), a qual estabelece requisitos para que as edificações apresente um desempenho mínimo por determinado período de tempo. Diante do exposto, este trabalho busca mostrar a importância do gerenciamento de projetos para edificações.

## 2. MÉTODO

O método utilizado para o desenvolvimento deste estudo foi a busca de trabalhos na literatura técnica relacionados com o tema em análise, incluindo periódicos nacionais e internacionais, dissertações de mestrado e teses de doutorado, livros, congressos e legislação vigente.

Após a seleção dos trabalhos relacionados ao tema, foi feita a análise dos estudos encontrados, com o intuito de verificar as principais estratégias que podem ser usadas para a gestão de projetos, com base nos resultados discutidos entre diversos autores.

## 3. CONSTRUÇÃO CIVIL

As últimas décadas testemunharam uma rápida urbanização em regiões em desenvolvimento em todo o mundo. Isso elevou as preocupações de sustentabilidade, incluindo a poluição ambiental, ecossistemas devastados, aumento da alterações do clima e outros problemas inter-relacionados (Zhang et al., 2015; Aydin, 2016).

A construção civil é um setor que gera muitos impactos ambientais, o que é atribuído a elevada demanda de consumo por matéria-prima extraída da natureza. Além dos impactos com a extração, esta indústria ainda é responsável por grande parte das emissões de dióxido de carbono ($CO_2$).

Uma das preocupações é que uma grande quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD) é gerada durante as atividades de construção e demolição de edificações, após o término da vida útil (Lockrey et al., 2016). Resíduos de construção são definidos como materiais ou produtos que precisam ser transportados para fora do canteiro de obras ou usados para outras aplicações que não a finalidade específica do projeto devido a danos, excesso ou não uso, ou que não podem ser usados devido ao não cumprimento das especificações, ou que é um subproduto do processo de construção (Liu et al., 2015). Dados da Abrelpe (2015) indicam que no Brasil, cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos de construção foram produzidas em 2015, o que equivale a 57% do total de resíduos sólidos produzidos no país.

Além da geração de resíduos, a construção civil tem impactos específicos, incluindo emissões de $CO_2$, alterações climáticas, mudança de uso do solo e perda de biodiversidade (Alwan, Jones e Holgate, 2017). Os principais elementos de um plano estratégico de melhores práticas de gestão de RCD em diferentes escalas são resumidos na Tab. 1.

Tabela 1. Elementos comuns de um plano estratégico de melhores práticas em três escalas: nacional, regional e local.

| Plano nacional | Plano regional | Plano local (municipal) |
|---|---|---|
| Identifica e quantifica as oportunidades de gerenciamento de RCD | Implementa políticas nacionais | Envolve a indústria local e empreiteiros |
| Envolve os stakeholders do setor de construção | Quantifica as necessidades de coleta, tratamento e demandas de material reciclado | Prioriza a minimização de resíduos em projetos de construção locais |
| Define metas de gestão de RCDs e políticas ambientais | Estabelece planos de investimento para infraestrutura de tratamento, pesquisa e desenvolvimento | Estabelece métodos de reciclagem de resíduos de edifícios |
| Prioriza evitar a geração de resíduos | Fornece ou ajuda no desenvolvimento de ferramentas para a indústria para a reciclagem segura de materiais, como por exemplo a garantia de qualidade | Estabelece requisitos mínimos de classificação de resíduos |
| Fornece uma estrutura regulatória realista para o setor, incluindo códigos de prática | Define uma linha de base de desempenho com base nas informações existentes | Visa tornar clara as orientações para os pequenos produtores de resíduos e as pequenas e médias construtoras |
| | Identifica fluxos futuros de resíduos | Estabelece fiscalização, mecanismos de comunicação e pontos de coleta municipais para evitar a má classificação, baixas taxas de coleta e despejo ilegal |

Fonte: Adaptada de Gálvez-Martos et al. (2018).

### 3.1 Gestão de projetos

As operações de construção têm muitos impactos negativos sobre o meio ambiente, como esgotamento de recursos naturais e geração de grandes quantidades de resíduos de construção, entre outros (Ajayi e Oyedele, 2017; Nikmehr et al., 2017). Existe uma pressão para reduzir o volume de resíduos de construção (Jaillon e Poon, 2014; Lu et al., 2017). Em políticas de gestão de resíduos, para implementar efetivamente a redução de resíduos de construção, a questão deve ser tratada nas fases de projeto (Wang, Li e Tam, 2015; Won, 2017).

Além da redução do volume de resíduos, diminuir a energia incorporada das edificações durante a fase de construção e durante o ciclo de vida ajuda a reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa (Zhang et al., 2015). Por isso, o gerenciamento de projetos é uma ferramenta que deve estar integrada com a questão da sustentabilidade (Marcelino-Sádaba et al., 2015).

O processo de projeto de engenharia conecta as fases do projeto básico (preliminar) ao projeto detalhado e ao planejamento e cronograma do projeto, em que uma alternativa de projeto normalmente exclui outras alternativas. Mais comumente, o planejamento do projeto e o cronograma do projeto são tratados como etapas distintas. Essa diferenciação é problemática em um mundo incerto, onde a velocidade para o mercado impulsiona a competitividade, e as atividades do projeto são inevitavelmente executadas concomitantemente com o planejamento e a execução (Emblemsvåg, 2014). Durante a fase de planejamento do projeto, devem ser levados em consideração os possíveis riscos que venham ocorrer no decorrer do processo de construção, conforme mostra a Tab. 2.

Tabela 2. Etapas do processo de gerenciamento de risco.

| Etapas | Ações propostas |
|---|---|
| Identificação dos riscos | Determinar as causas do risco;<br>Determinar possíveis consequências;<br>Identificação de entidades afetadas por riscos. |
| Análise dos riscos | Determinar a probabilidade de evento;<br>Determinar as consequências do evento. |
| Definição das variáveis | Identificar possíveis alternativas;<br>Análise de despesas e custos de diferentes variantes. |
| Avaliação de risco | Declarar prontidão e capacidade de determinação da entidade para tomar decisões;<br>Determinar o nível real de risco;<br>Qualificar o uso de alternativas possíveis para gerenciar riscos. |
| Decisões e ações na área de risco (controle de risco) | Escolher ferramentas;<br>Definição de prioridades;<br>Uso de combinações ideais. |
| Controle, monitoramento e avaliação de atividades realizadas | Verificação e avaliação do impacto das ações realizadas;<br>Nova formação do processo de gestão de risco no caso de decisão incorreta;<br>Maior uso de ferramentas que garantem o sucesso na gestão de riscos |

Fonte: Adaptada de Szymański (2017).

Saez et al. (2013) identificaram as melhores práticas a serem adotadas pela equipe de projeto, como a utilização de sistemas pré-fabricados; o uso de materiais reciclados no canteiro de obras; e o planejamento do canteiro de obras, observando a disponibilidade de área adequada à gestão de resíduos.

Outra abordagem que se mantém é a adoção de princípios e práticas de Construção Enxuta, também conhecida como *Lean Construction*, tanto no gerenciamento de projetos quanto na construção, uma vez que a Construção Enxuta é baseada na noção de melhoria contínua de processos, com foco na redução de resíduos (Marhani et al., 2013). Para Koskela (1993), a Construção Enxuta tem como objetivo maximizar o uso de materiais e mão-de-obra e evitar desperdícios e atividades sem valor agregado.

A implementação de Construção Enxuta pode ocorrer por meio de determinados instrumentos, como o *Last Planner* (LPS), *Just-in-time* (JIT) e Gestão da Qualidade Total (TQM). No LPS, o pessoal da linha de frente participa do plano do projeto e da tomada de decisões e torna o plano mais preciso (Ballard, 2000). Howell e Macomber (2002) apresentaram nove passos para implementar o LPS com sucesso: (1) especificar o objetivo do projeto; (2) estabelecer equipes; (3) estabelecer um plano e as respectivas etapas; (4) usar um plano que englobe futuras etapas; (5) fazer um plano de trabalho semanal; (6) conferir o plano da primeira semana; (7) acompanhar a viabilidade do plano; (8) acompanhar o(s) motivo(s) para alterações no plano; (9) construir métodos para melhoria.

Já a JIT enfatiza que cada etapa da construção deve ser realizada no momento certo, em quantidades apropriadas e com materiais, pessoal e equipamentos exatos (Howell e Ballard, 1995). O método TQM requer três funções para participar no processo de construção, nomeadamente fornecedores, processadores e proprietários. Estes são obrigados a verificar e controlar rigorosamente a qualidade de cada procedimento, desde o projeto até a entrega final (Burati, Matthews e Kalidindi).

A Construção Enxuta também pode ajudar a minimizar o retrabalho na gestão dos estágios do projeto, através da implementação da ferramenta da Modelagem da Informação da Construção, conhecido na literatura como *Building Information Modeling* (BIM) (Alwan et al., 2017; Ajayi et al., 2016; Won et al., 2016).

O aumento da utilização da Tecnologia da Informação (TI), assim como da disponibilidade dos dados digitais entre os setores da construção civil, faz com que as empresas envolvidas tenham uma maior produtividade em todas as etapas do processo construtivo, desde a concepção do projeto, até o término da vida útil e demolição (Betts, 1999).

O surgimento do BIM, que consiste em uma plataforma que permite a inserção de diversas informações, pode facilitar a produtividade e o maior controle dos processos do projeto. O BIM melhora a comunicação entre as partes interessadas do projeto, fornece um melhor planejamento e reduz o consumo de matérias-primas, fornecendo medições precisas (Liu et al., 2015). A gestão da informação favorece todo o ciclo de vida (Fig.3) das edificações e é fundamental para uma harmonização entre as etapas de projeto, execução e uso da edificação.

Figura 3. Ciclo de vida das edificações (Engebrás, 2018).

Mom et al. (2014) e Azhar (2011) mencionam que a utilização de BIM na gestão de projetos facilita a construção e operação do edifício. Além disso, Olawumi et al. (2017) relatou que o BIM poderia ser usado para promover práticas de sustentabilidade em projetos de construção, como a gestão e o uso de energia em edifícios. Akadiri, Olomolaiye e Chinyio (2013) consideram o BIM como uma verdadeira ferramenta para a seleção de materiais sustentáveis para projetos de construção, aumento da sustentabilidade em função da redução das emissões de $CO_2$ e melhora do desempenho energético dos edifícios.

Recentemente, foi publicado em maio de 2018 no Brasil o Decreto Federal n° 9.377, que trata-se de uma "Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no Brasil - Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em *Building Information Modelling* - BIM e sua difusão no País".

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da construção civil é responsável por grande parte da extração de recursos naturais, emissões de gases nocivos e geração de resíduos. Para a redução destes resíduos, pode-se atuar em diversas etapas da execução dos empreendimentos, desde que haja o planejamento e acompanhamento de responsáveis técnicos durante as fases construtivas.

Conforme foi apresentado na revisão da literatura deste artigo, existem diversas ferramentas e estratégias que podem ser utilizadas durante as fases de concepção, execução, manutenção e demolição da edificação. É necessário considerar as diferentes circunstâncias, incluindo a localização do imóvel, ocupação, clima, orientação solar, entre outros fatores, para fazer o uso das melhores estratégias disponíveis para cada obra em específico. Além das circunstâncias específicas para determinado projeto, é imprescindível que haja o gerenciamento e que os responsáveis e envolvidos nas etapas construtivas coordenem efetivamente os processos.

O uso das tecnologias disponíveis podem ajudar significativamente a melhorar a produtividade durante as fases de projeto, execução e uso das edificações. Assim, este estudo contribui para o conjunto de conhecimentos relacionados as ferramentas de gestão de projetos de construção. Atualmente, o uso de BIM é uma estratégia que vem se destacando para facilitar o gerenciamento de projetos. A plataforma permite que haja a harmonização entre os projetos, o que evita incompatibilidades e retrabalhos. Existe um grande potencial de redução de resíduos e aumento da produtividade nos canteiros de obras, o que está diretamente associado a um gerenciamento de projetos efetivo.

## 5. REFERÊNCIAS

Ajayi, S.O., Oyedele, L.O., 2017. “Policy imperatives for diverting construction waste from landfill: experts' recommendations for UK policy expansion”. *J. Clean. Prod.*, Vol. 147, p. 57–65.

Ajayi, S.O., Oyedele, L.O., Akinade, O.O., Bilal, M., Owolabi, H.A., Alaka, H.A., Kadiri, K.O., 2016. “Reducing waste to landfill: a need for cultural change in the UK construction industry”. *J. Build. Eng*., Vol. 5, p. 185–19.

Akadiri, P.O., Olomolaiye, P.O., Chinyio, E.A., 2013. “Multi-criteria evaluation model for the selection of sustainable materials for building projects”. *Automation in Construction*, Vol. 30, p. 113–125.

Alwan, Z., Jones, P., Holgate, P., 2017. “Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework for strategic sustainable development, using Building Information Modelling”. *J. Clean. Prod*., Vol. 140, p. 349–358.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), 2015. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. São Paulo.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2013. *NBR 15575*: Edificações Habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, Brazil.

Aydin, E., 2016. “Novel coal bottom ash waste composites for sustainable construction”. *Constr. Build. Mater*., Vol. 124, p. 582-588.

Azhar, S., 2011. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, Vol. 11(3), p. 241–252.

Bakshan, A., Srour, I., Chehab, G., El-Faden, M., Karaziwan, J., 2017. “Behavioral determinants towards enhancing construction waste management: a Bayesian Network analysis”. *Res. Cons. Rec*., Vol. 117, p. 274–284.

Ballard, H.G., 2000. *The last planner system of production control*. Ph.D. thesis, University of Birmingham, United Kingdom.

Betts, M., 1999. *Strategic Management of I.T in Construction*. Blackwell Science, London, 406 p.

Brasil, 2018. *Decreto Federal n° 9.377*, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9377.htm>. Acesso em: 28 mai. 2018.

Brazilian Government – Environmental Protection Agency (Conama), 2002. *Resolution N°. 307*. Environmental Protection Agency, Brasilia, Brazil. <http://www.mma.gov.br/port/conama>.

Burati, J.L., Matthews, M.F, Kalidindi, S. N., 1992. “Quality management organizations and techniques”. *J Constr Eng Manag*., Vol. 118(1), p.12–28.

Cooke, B., Williams, P., 2009. *Construction Planning, Programming and Control*. John Wiley & Sons eds., Chichester, United Kingdom.

Du, L., Tang, W., Liu, C., Wang, S., Wang, T., Shen, W., Huang, M., Zhou, Y., 2016. “Enhancing engineer–procure–construct project performance by partnering in international markets: perspective from Chinese construction companies”. *Int. J. Proj. Manag*., Vol. 34 (1), p. 30–43.

Emblemsvåg, J., 2014. “Lean project planning in shipbuilding”. *Journal of Ship Production and Design*, Vol. 30(2), p. 79-88.

Engebrás, 2018. *Ciclo de vida da edificação*. Disponível em: <http://engbras.com.br/EngenhariaFabrica.aspx>. Acesso em: 30 maio 2018.

Gálvez-Martos, J.L, Styles, D., Schoenberger, H.; Zeschmar-Lahl, B., 2018. "Construction and demolition waste best management practice in Europe". *Resources, Conservation & Recycling*, Vol.136, p.166-178.

Howell, G., Ballard, G., 1995. "Moving toward construction JIT". In *Proceedings of the third annual conference of the international group for lean construction (IGLC-3*), p. 28–30.

Howell, G., Macomber, H., 2002. *A guide for new users of the Last Planner System nine steps for success*. Lean Projects Consulting, Inc.

Hwang, B.G., Ng, H.B., 2016. "Project network management: risks and contributors from the viewpoint of contractors and sub-contractors". *Technol. Econ. Dev. Econ*., Vol. 22 (4), p. 631–648.

Jaillon, L., Poon, C.S., 2014. "Life cycle design and prefabrication in buildings: a review and case studies in Hong Kong". *Autom. Constr*., Vol. 39, p. 195–202.

Kang, H., Yeunsook, L., Kim B., 2016. "Sustainable building assessment tool for project decision makers and its development process". *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 58, p. 34–47.

Koskela, L., 1993. "Lean production in construction". In *Proceedings of the first annual conference of the international group for lean construction (IGLC-1)*.

Kowaltowski, D.C.C.K., Celani, M.G.C., Moreira, D.C. et al., 2006. "Reflexão sobre Metodologias de Projeto Arquitetônico". *Ambiente Construído*, Vol. 6, n. 2, p. 07 –19.

Liu, Z., Osmani, M., Demian, P., Baldwin, A., 2015. "A BIM-aided construction waste minimization framework". *Autom. Constr*., Vol. 59, p. 1–23.

Llatas, C., Osmani, M., 2016. "Development and validation of a building design waste reduction model". *Waste Management*, Vol. 56, p. 318–336.

Lockrey, S., Nguyen, H., Crossin, E., Verghese, K., 2016. "Recycling the construction and demolition waste in Vietnam: opportunities and challenges in practice". *J. Clean. Prod*., Vol. 133, p. 757-766.

Lu, W., Webster, C., Chen, K., Zhang, X., Chen, X., 2017. "Computational building information modelling for construction waste management: moving from rhetoric to reality". *Renew. Sust. Energ. Rev.*, Vol. 68 (1), p. 587–595.

Marcelino-Sádaba, S., González-Jaen, L.F., Pérez-Ezcurdia, A., 2015. "Using project management as a way to sustainability. From a comprehensive review to a framework definition". *J. Clean. Prod*., Vol. 99, p. 1–16.

Marhani, M.A., Jaapar, A., Bari, N.A.A., Zawawi, M., 2013. "Sustainability through Lean construction approach: a literature review". *Proc.: Soc. Behav. Sci*., Vol. 101, p. 90–99.

Mom, M., Tsai, M.-H., Hsieh, S.-H., 2014. "Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part II. Analysis and results". *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 37(7), p. 859–868.

Nikmehr, B., Hosseini, M.R, Rameezdeen, R., Chileshe, N., Ghoddousi, P., Arashpour, M., 2017. "An integrated model for factors affecting construction and demolition waste management in Iran". *Eng. Constr. Archit. Manag.*, Vol. l24 (6), p. 1246–1268.

Ochoa, J.J., 2014. "Reducing plan variations in delivering sustainable building projects". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 85, p. 276-288.

Olawumi, T.O., Chan, D.W.M., Wong, J.K.W., 2017. Evolution in the intellectual structure of BIM research: A bibliometric analysis. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 23(8), p. 1060–1081.

Reis, D.C., 2015. *Ferramenta de apoio ao desenvolvimento de projetos no âmbito da sustentabilidade na construção*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos.

Saez, P., Merino, R., González, A.S., Porras-amores, C., 2013. "Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions". *Res. Cons. Rec.*, Vol. 75, p. 52–62.

Szymański, P., 2017. "Risk management in construction projects". *Procedia Engineering*, Vol. 208, p. 174–182.

Vargas, R. V., 1998. *Gerenciamento de Projetos com o Microsof Project 98*. Brasport Livros e Multimidia, Rio de Janeiro.

Wang, J., Li, Z., Tam, V.W.Y., 2015. "Identifying best design strategies for construction waste minimization". *Journal of Cleaner Prod*uction, Vol. 92, p. 237–247

Won, J., Cheng, J.C.P., 2017. "Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization*". Automation in Construction*, Vol. 79, p. 3–18.

Won, J., Cheng, J.C.P., Lee, G., 2016. "Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: case studies in South Korea". *Waste Management*, Vol. 49, p. 170–180.

Zhang, X., Skitmore, M., De Jong, M., Huisingh, D., Gray, M., 2015. "Regenerative sustainability for the built environmentefrom vision to reality: an introductory chapter". *J. Clean. Prod*., Vol. 109, p.1-10.

Zhang, X., Wu, Y., Shen, L., 2015. "Embedding "green" in project-based organizations: the way ahead in the construction industry?". *Journal of Cleaner Prod*uction, Vol. 107, p. 420–427.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DIMENSÃO DO BLOCO CERÂMICO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS ESTRUTURAIS

Suéli Carine Klein
Gilson Francisco Paz Soares
URI Erechim, RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil
sueli_klein@live.com, gilsonfps@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A alvenaria estrutural é um sistema construtivo utilizado desde o início da atividade humana e vem sendo muito utilizado atualmente. É caracterizado como um sistema racionalizado e organizado, que contribui com o meio ambiente por ser uma técnica construtiva muito rápida de ser executada e com pouco desperdício de materiais e de mão de obra. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo analisar de que forma a dimensão do bloco cerâmico estrutural vazado pode influenciar na resistência mecânica à compressão de prismas cerâmicos, comumente utilizados na região de Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. Para tal, foram estudados prismas de dois blocos de diferentes tamanhos, sendo eles, meio bloco, bloco inteiro e bloco e meio. Após realizadas as devidas caracterizações dos materiais, os prismas foram confeccionados e submetidos a ensaios de compressão. Concluiu-se que há influência do tamanho do bloco na resistência característica dos prismas estudados, o que, em consequência, poderá também provocar uma influência na parede real, em maior ou menor grau dependendo de alguns fatores como: resistência do bloco, material do bloco, argamassa de assentamento, entre outros. Cabe ainda a ressalva de que os resultados obtidos neste trabalho são válidos para as condições locais e para as características dos materiais nele utilizados.*

***Palavras chave.*** *Alvenaria estrutural, Resistência mecânica à compressão, Prismas cerâmicos.*

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda de projetos em alvenaria estrutural vem crescendo a cada ano, principalmente por ser uma técnica construtiva muito rápida de ser executada e com pouco desperdício de materiais e de mão de obra, tornando a obra racionalizada e organizada. Segundo Tauil e Nese (2010) na alvenaria estrutural não se utiliza pilares e vigas, pois as paredes portantes que constituem a estrutura da edificação distribuem as cargas de forma uniforme até as fundações. Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que as principais vantagens do sistema de alvenaria estrutural é a economia do uso de formas, a redução significativa de revestimentos, a redução dos desperdícios de materiais e mão de obra, bem como a redução do número de especialidades e a flexibilidade no ritmo de execução da obra. Porém, há pontos negativos, como a interdependência entre o projeto e a necessidade de mão de obra qualificada. Também se pode observar uma grande evolução desta técnica construtiva que, inicialmente era calculada por métodos empíricos, além de não haver normas que estabelecessem diretrizes de cálculo e execução.

Diante disto, o objetivo deste trabalho é analisar a influência da dimensão do bloco estrutural cerâmico na resistência mecânica à compressão de prismas estruturais, contribuído assim com a sustentabilidade e um melhor entendimento sobre o comportamento dos diferentes materiais empregados na região sul do país.

## 2. INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA/DIMENSÃO DO BLOCO NA RESISTÊNCIA DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A fim de ilustrar a influência da geometria ou do tamanho do bloco estrutural na resistência da alvenaria estrutural, segue a descrição de alguns trabalhos já executados com este objetivo.

Carvalho (2003), utilizou seis diferentes blocos cerâmicos e duas argamassas diferentes para analisar a resistência à compressão dos blocos cerâmicos. Como resultado, na análise dos prismas com a mesma relação altura/espessura (h/t), mas com geometria diferente, analisou que as características geométricas dos blocos não influenciaram na resistência à compressão dos prismas, porém, para os prismas compostos por blocos de dois furos de paredes maciças com paredes internas maciças e os prismas compostos por blocos do tipo grade, os resultados indicaram que a geometria dos blocos influenciou na resistência à compressão dos prismas.

Para Lima (2010), a geometria do bloco possui grande influência na resistência à compressão de prismas estruturais. Destacando que a composição e a geometria do bloco alteram a resistência da unidade.

Rizzatti et al (2011) analisaram quatro diferentes blocos cerâmicos e dois traços de argamassas diferentes. Verificando que não houve diferença significativa nas resistências à compressão dos prismas em função da mudança na geometria dos blocos e da espessura da argamassa. Podendo-se concluir que os ensaios de compressão realizados, não foram adequados para verificar a influência da geometria na resistência à compressão, devido à superposição dos septos e das paredes longitudinais e transversais dos blocos.

## 3. METODOLOGIA

Este trabalho enquadra-se na categoria experimental, sendo que o método, os materiais e as normas são apresentados na sequência.

### 3.1 Plano experimental

A Figura 1 apresenta o plano experimental da pesquisa, em que foram confeccionados prismas de dois blocos com três dimensões distintas, denominados meio bloco, bloco inteiro e bloco e meio. A espessura da argamassa de assentamento manteve-se constante e as resistências das mesmas foram variáveis e relacionadas com a resistência característica *fbk* do bloco. Como variável de resposta, analisou-se a tensão de ruptura dos prismas, a fim de observar qual a influência da dimensão dos blocos nesta variável.

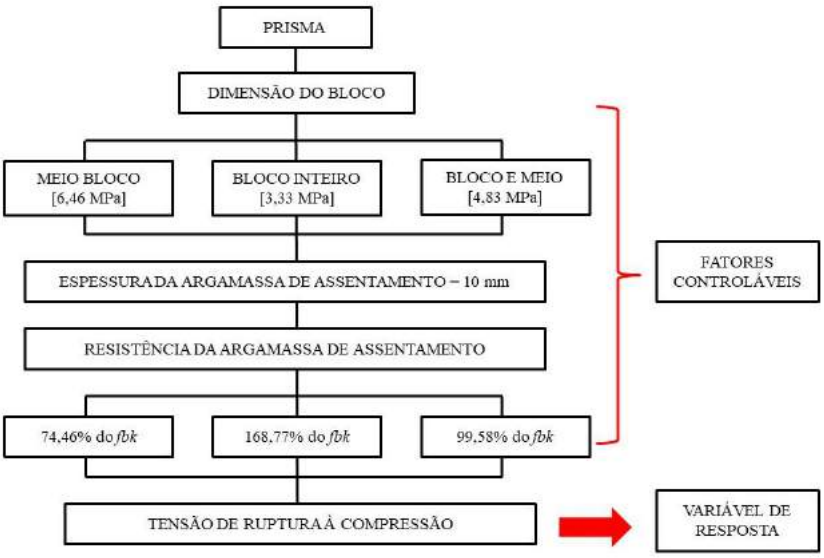



Figura 1. Esquema ilustrativo do programa experimental

### 3.2 Matriz experimental

A Tabela 1 mostra a matriz experimental do trabalho, que apresenta as combinações de prismas, conforme a dimensão do bloco, as resistências características dos blocos e das argamassas, determinadas em ensaios experimentais nos laboratórios da URI – Erechim, o número de amostras ensaiadas para cada combinação e o tempo de cura das mesmas.

Tabela 1. Esquema ilustrativo da matriz experimental

| Fatores controláveis | | | | | Variável de resposta |
|---|---|---|---|---|---|
| **Combinações** | **Dimensão do bloco [cm]** | **Resistência do bloco (*fbk*) [MPa]** | **Resistência da argamassa de assentamento [MPa]** | **Número de amostras (prismas)** | **Resistência à compressão** |
| C1 | Meio bloco (14x19x14) | 6,46 | 4,81 (74,46% do *fbk*) | 6 | 28 dias |
| C2 | Bloco inteiro (14x19x29) | 3,33 | 5,62 (168,77% do *fbk*) | 6 | |
| C3 | Bloco e meio (14x19x44) | 4,83 | 4,81 (99,58% do *fbk*) | 6 | |

### 3.3 Materiais

Na confecção dos prismas utilizou-se os seguintes materiais:

#### 3.3.1 Bloco

Os blocos cerâmicos estruturais escolhidos para a realização deste trabalho são de três dimensões diferentes, os quais vieram da região sul do Brasil. Para a determinação da sua resistência característica à compressão foram realizados os ensaios de caracterização. As dimensões nominais L x H x C (largura x altura x comprimento) dos blocos são: meio bloco com L = 14 cm, H = 19 cm e C = 14 cm; bloco inteiro com L = 14 cm, H = 19 cm e C = 29 cm e bloco e meio com L = 14 cm, H = 19 cm e C = 44 cm.

#### 3.3.2 Argamassa de assentamento

Na confecção dos prismas utilizou-se argamassa de assentamento industrializada indicada para assentamento estrutural.

#### 3.3.3 Prismas

Os prismas foram executados conforme a NBR 15812-2 (2010), que admite que o ensaio seja feito utilizando prismas estruturais cerâmicos compostos por dois blocos aprumados, com uma única junta horizontal. A Figura 2 mostra os três tipos de prismas, já capeados e preparados para os ensaios de compressão.

a) meio bloco b) bloco inteiro c) bloco e meio

Figura 2. Prismas capeados

#### 3.3.4 Ensaios de compressão dos prismas

Após aguardar os 28 dias de cura, os prismas foram retirados da câmara climatizada, onde estavam em condições de temperatura e umidade controladas. Posteriormente foi conferido suas medidas e após foram submetidos ao ensaio de ruptura à compressão. A carga aplicada possuía velocidade constante de 0,05 MPa com tolerância de ± 0,01 até a ruptura. Os prismas foram colocados bem centralizados na prensa, de modo que a carga fosse aplicada no centro de gravidade dos mesmos, conforme indicado na NBR 15812-2 (2010). Na Figura 3 é apresentado o momento da ruptura de um prisma de cada combinação.

a) meio bloco b) bloco inteiro c) bloco e meio

Figura 3. Prismas rompidos

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização de todos os experimentos de acordo com a metodologia proposta, o resultado deste trabalho é mostrado na Figura 4 e analisado na sequência.

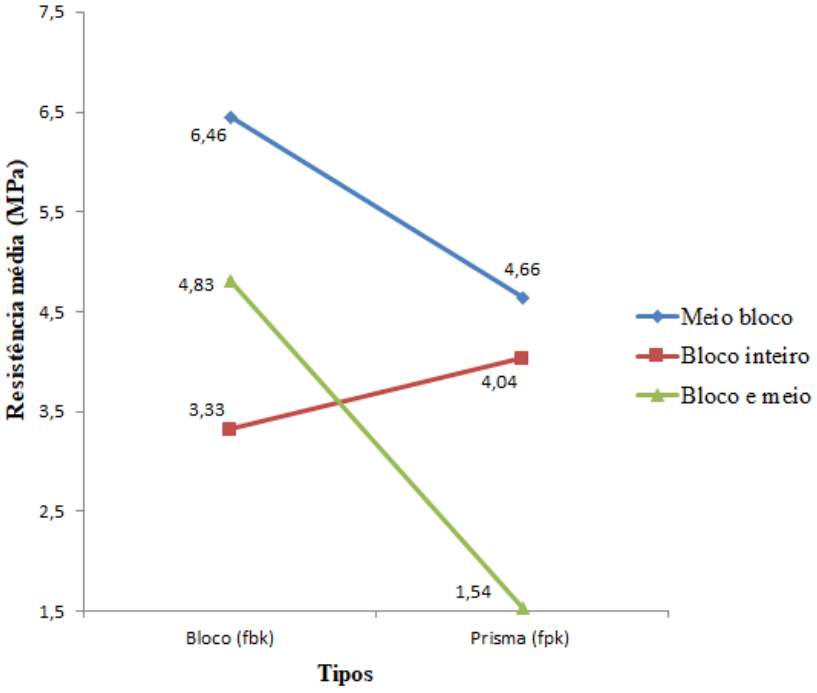



Figura 4. Influência da dimensão dos blocos cerâmicos na resistência à compressão dos prismas

O gráfico apresentado na Fig. 4 mostra os valores das resistências características dos blocos (*fbk*) e dos respectivos prismas (*fpk*) confeccionados para as diferentes combinações (meio bloco, bloco inteiro e bloco e meio), permitindo fazer uma análise acerca da influência da dimensão do bloco cerâmico estrutural na resistência à compressão dos prismas. Tal análise permite fazer as seguintes observações:

a) A resistência dos prismas de meio bloco e bloco e meio são menores que as resistências dos blocos isoladamente, comprovando a teoria. Já no caso dos prismas de bloco inteiro, esta tendência não foi observada, pelo contrário, a resistência do prisma foi maior que a do bloco;
b) Gomes (1974 *apud* RIZZATTI *et al.*, 2011) concluiu que a resistência da argamassa de assentamento deve ser de 0,7 a 1,0 vezes a resistência do bloco medida da área bruta. Tomando como base esta afirmativa, pode-se associar a este fato o resultado fora da tendência teórica obtida para o prisma de bloco inteiro, em que a resistência da argamassa de assentamento utilizada foi de 1,68 vezes a resistência do bloco (*fbk*), enquanto que os prismas de meio bloco e bloco e meio apresentaram esta relação de 0,7446 e 0,9958 (Fig. 1), respectivamente, dentro dos limites ideais apresentados pelo citado autor;
c) Se há uma influência da dimensão do bloco cerâmico estrutural na resistência à compressão dos prismas, este fator pode ser observado através da sensibilidade maior do prisma de bloco e meio, em que a sua resistência sofreu uma queda de 68,12%, enquanto que o prisma de meio bloco sofreu uma redução de 27,86% na resistência. Embora não seja exatamente a questão, mas pode-se observar que este fato vai de encontro à teoria que diz que prismas maiores (de três blocos) ou paredinhas (mais de três blocos), possuem resistências menores que os prismas de dois blocos.

## 5. CONCLUSÕES

No presente trabalho, analisou-se o desempenho mecânico de prismas de dois blocos cerâmicos estruturais vazados, buscando avaliar a influência da dimensão do bloco na resistência à compressão destes prismas.

Na caracterização física dos blocos, os valores encontrados para área líquida, desvio padrão em relação ao esquadro e planeza das faces das 3 dimensões de blocos foram considerados valores homogêneos. Já quanto aos ensaios mecânicos das argamassas e dos blocos, foi possível estabelecer uma relação entre as suas resistências, vinculando os resultados a estas relações.

No que se refere ao objetivo principal do trabalho, pode-se considerar que há influência da dimensão do bloco na resistência característica dos prismas estudados, o que, em consequência, poderá também provocar uma influência na parede real, em maior ou menor grau dependendo de alguns fatores como: resistência do bloco, material do bloco, argamassa de assentamento, entre outros.

Cabe ainda a ressalva de que os resultados obtidos neste trabalho são válidos para as condições locais e para as características dos blocos e das argamassas nele utilizadas.

Por fim, recomenda-se a realização de trabalhos similares, utilizando blocos estruturais fabricados em outras regiões do Brasil, bem como a avaliação de outras resistências de blocos e argamassas.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2010. Alvenaria estrutural – blocos cerâmicos – execução e controle de obras. NBR 15812:2. Rio de Janeiro: ABNT.

Carvalho, J. M., 2003. *Desempenho estrutural de prismas de blocos cerâmicos com diferentes formas e dimensões*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Lima, A. N., 2010. *Análise experimental da influência da resistência e espessura da argamassa de assentamento no desempenho mecânico de prismas de blocos cerâmicos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

Ramalho, M. A. e Correa, M. R. S., 2003. *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*. PINI, São Paulo, 1ª edição.

Rizzatti, E., Roman, H.R., Mohamad, G. e Nakanishi, E.Y., 2011. "Tipologia de blocos cerâmicos estruturais: influência da geometria dos blocos no comportamento mecânico da alvenaria". *Revista Matéria*, Vol. 16, n. 2, p. 730 – 746.

Tauil, C. A. e Nese, F. J. M., 2010. *Alvenaria Estrutural*. PINI, São Paulo.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores declaram-se os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MELHORAMENTO QUÍMICO DE SOLO RESIDUAL DE BASALTO COM CIMENTO PORTLAND PARA FINS DE UTILIZAÇÃO NA CAMADA DE SUB-BASE

**Tamires Suani Calgaro**
**Mateus Arlindo da Cruz**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Frederico Westphalen
tamirescalgaro@hotmail.com
mateusarlindo@hotmail.com

**Thaís Aquino dos Santos**
Universidade Federal de Santa Maria
thaiis_as@hotmail.com

**Fábio Dischkaln do Amaral**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Frederico Westphalen
amaral@uri.edu.br

***Resumo.*** *O solo presente na região de Frederico Westphalen é de origem geológica basáltica, tendo como característica típica sua baixa à média capacidade de suporte. Diversos avanços vem sendo feitos na área de melhoria das propriedades e resistência do solo, destacando os inúmeros processos de estabilização. Na presente pesquisa, a estabilização do solo foi realizada através da adição de 3% e 4% de cimento Portland CPV-ARI, com o intuito de viabilizar seu uso em pavimentação. Apesar de ocorrerem melhorias na capacidade de suporte do solo presente nessa região, não foi possível atingir os valores mínimos requeridos em norma para sua aplicação na camada de sub-base de pavimentos flexíveis. As possíveis causas da estabilização não ter atingido os valores mínimos podem se dar ao tipo do solo em análise, o baixo teor de adição de cimento e o tipo de argilomineral presente no material.*

***Palavras-chaves:*** *Pavimentação, Estabilização Química, Cimento Portland, Solo.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os custos para a execução de uma rodovia são diretamente relacionados aos materiais empregados para sua construção. Para Bernucci *et al.* (2008), os gastos em pavimentos são elevados, sendo possível uma significativa redução destes valores utilizando novas técnicas e materiais. A qualidade dos materiais utilizados nas camadas que formam os pavimentos são diferentes, pois está relacionada ao tamanho dos esforços a serem suportados pela camada (Cnt, 2017). A camada de sub-base tem finalidades técnicas e econômicas, auxiliando a camada de base a receber e distribuir os esforços atuantes (Sartori, 2015). Geralmente, a qualidade e resistência dos materiais é inferior à dos utilizados na camada de base do pavimento. Alguns materiais que podem ser utilizados nesta camada são: solo estabilizado ou melhorado com cimento, misturas de solo e agregado, brita graduada, entre outros (Cnt, 2017).

Para Brito e Paranhos (2017), o solo é um dos principais materiais utilizados em obras viárias, sendo empregado nas diversas camadas do pavimento. Entretanto, ocorrem situações em que as propriedades do solo no local da obra não atendem a necessidade de projeto, ou seja, não são capazes de suportar os esforços do tráfego e intemperismo. Para utilizar o solo *in situ*, pode-se realizar melhorias nas suas propriedades, estabilizando-o.

A estabilização do solo é uma prática que vem sendo estudada e aperfeiçoada, considerada como uma grande preocupação de pesquisadores na área geotécnica e também da engenharia civil. As propriedades a serem melhoradas podem se referir a capacidade de suporte do solo, expansibilidade, permeabilidade, entre outros fatores (Bastos *et al.* 2016). De acordo com Núñez (1991), diversos métodos podem ser adaptados e empregados para estabilização de um solo, dependendo do que melhor se enquadre ao projeto. Para a escolha do melhor método a ser empregado na estabilização, deve-se considerar alguns fatores como: as propriedades do solo natural, as propriedades a serem obtidas no solo através da estabilização e os efeitos ocasionados no solo após sua estabilização. Os tipos de estabilização mais conhecidos são: a estabilização granulométrica, química e a mecânica. Para fins de pavimentação, a estabilização mecânica e a química são as mais utilizadas na prática (França, 2003).

De acordo com Santos (2012) e Cristelo (2001), o processo da estabilização química é obtido pela mistura do solo (material a ser estabilizado) com os aditivos químicos, passando por um processo de hidratação da mistura, e, na etapa final a sua compactação. Para Sartori (2015) e Cardoso *et al*. (2016), a aplicação do solo varia de acordo com a resistência obtida no processo de estabilização. A dosagem da mistura solo cimento é realizada através da NBR 12253/2012 e os critérios analisados para a estabilização de solos podem ser obtidos através da resistência à compressão simples de corpos de provas cilíndricos. O grau de modificação das propriedades do solo irá variar de acordo com as características do tipo de solo, teor utilizado de aditivo, quantidade de água, o grau de compactação, tempo de cura e eficiência da mistura em caso de solos argilosos (Specht, 2000).

Segundo Núñez (1991) e Azevedo (2010), solo melhorado com cimento se refere à misturas que devido ao baixo teor de aditivo estabilizante não apresentam propriedades suficientes para seu emprego na base do pavimento. Entretanto, estes teores realizam melhorias em algumas das propriedades do solo, como comportamento mecânico, plasticidade, variação volumétrica e capacidade de suporte, o que permite seu emprego na camada de sub-base. Os teores usados de cimento variam na faixa entre 2 a 4% em peso, em relação ao total da mistura e os resultados obtidos devem apresentar características mínimas de resistência e durabilidade. As especificações de serviços rodoviários do DER/PR ES-P 11/05 preveem como valor mínimo de resistência à compressão simples aos sete dias de idade para solo tratado com cimento um valor de 1,2 à 2,1 MPa para aplicação na camada de sub-base e 1,5 a 2,1 MPa para a camada de base.

Neste contexto, o presente trabalho visa estudar a estabilização química, através da adição de cimento Portland CPV-ARI ao solo natural do município de Frederico Westphalen, porção norte do estado do Rio Grande do Sul. Esse solo é predominantemente argiloso, de origem geológica basáltica, sendo na maioria dos casos um material com baixa à média capacidade de suporte. Sob essa perspectiva, a estabilização química tem o intuito de modificar e melhorar as propriedades do solo, permitindo sua aplicação na camada de sub-base de pavimentos flexíveis construídos na região.

## 2. PROCESSOS METODOLÓGICOS

Para realização da presente pesquisa, inicialmente foi definido o local de coleta do solo a ser analisado. Após a coleta do solo, foram realizados ensaios de caracterização do mesmo para, posteriormente, estabilizá-lo quimicamente com dois diferentes teores de cimento Portland CPV-ARI. Os ensaios laboratoriais realizados foram na seguinte ordem: Caracterização física e química do solo; Definição do teor ótimo de compactação do solo natural para as três energias Proctor; Índice de Suporte Califórnia e expansão; Ensaio de compactação para as misturas de solo+3% de CPV-ARI e solo+4% de CPV-ARI; Ensaio de Resistência à Compressão Simples (RCS).

### 2.1 Materiais

Para os ensaios realizados na presente pesquisa foram necessários basicamente dois materiais: cimento Portland e solo natural. A jazida escolhida para a coleta do solo foi a de Volta Grande pertencente ao município de Frederico Westphalen/RS, ilustrada na Fig. 1 e localizada na BR 386, no km 38, com as seguintes coordenadas: latitude 27º24’9.35” S e longitude 53º24’28.93” W. Destaca-se que o solo existente na jazida é do tipo residual de basalto, e já vem sendo utilizado em projetos de pesquisa e em trabalhos de conclusão de curso, no laboratório da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI-FW).

O cimento utilizado na pesquisa para a estabilização química do solo, é do tipo CP-V ARI. A escolha deste tipo de cimento se dá ao fato de sua pureza e resistência inicial ser superior aos demais tipos de cimento Portland.

Figura 1. Jazida de Volta Grande

### 2.2 Metodologia dos ensaios

Para determinar as propriedades do solo, analisá-lo e caracterizá-lo, tendo em vista a sua estabilização e posterior aplicação na camada de sub-base de pavimentos, foram realizados diversos ensaios laboratoriais. Estes foram seguidos conforme a sua regulamentação por normas técnicas citadas na Tab. 1. A quantidade de solo preparada para a realização

dos ensaios, segue o prescrito pela ABNT NBR 6457/2016 Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

Tabela 1. Normas referentes aos ensaios

| Ensaios | Normas ABNT |
|---|---|
| Preparação das Amostras de Solo | NBR 6457/2016 |
| Limite de Liquidez | NBR 6459/2016 |
| Limite de Plasticidade | NBR 7180/2016 |
| Granulometria | NBR 7181/2016 |
| Compactação | NBR 7182/2016 |
| Solo-cimento: Dosagem para emprego como camada de pavimento | NBR 12253/1992 |
| Solo-cimento: Ensaio de compactação | NBR 12023/2012 |
| Solo-cimento: Moldagem e cura dos corpos de prova | NBR 12024/2012 |
| Solo- Índice de Suporte Califórnia | NBR 9895/2016 |

O programa experimental foi dividido em duas etapas, contemplando os ensaios realizados no solo natural e os ensaios realizados na mistura solo+cimento. Para o solo natural foram realizados: Compactação sem reuso de material para as três energias Proctor; Índice de suporte Califórnia (ISC) e expansão; Resistência à Compressão Simples (RCS); Análise química; Análise Granulométrica e Limites de Atterberg. Para as misturas de solo+cimento foram realizados apenas os ensaios de compactação na energia Proctor normal, sem reuso de material e os ensaios de RCS.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Caracterização física e química do solo

Com a finalidade de conhecer a distribuição granulométrica do solo e as frações que o compõe, realizou-se o ensaio de granulometria. Na Fig. 2 é possível identificar as dimensões dos grãos do solo com e sem a adição de defloculante (hexametafosfato de sódio). O maior percentual de solo se encontra na faixa de silte e argila, o que permite classificá-lo como um solo fino. A diferença entre as curvas com e sem defloculante indicam um alto grau de floculação do solo, característica esta associada ao tipo de solo, neste caso provavelmente um solo laterítico.

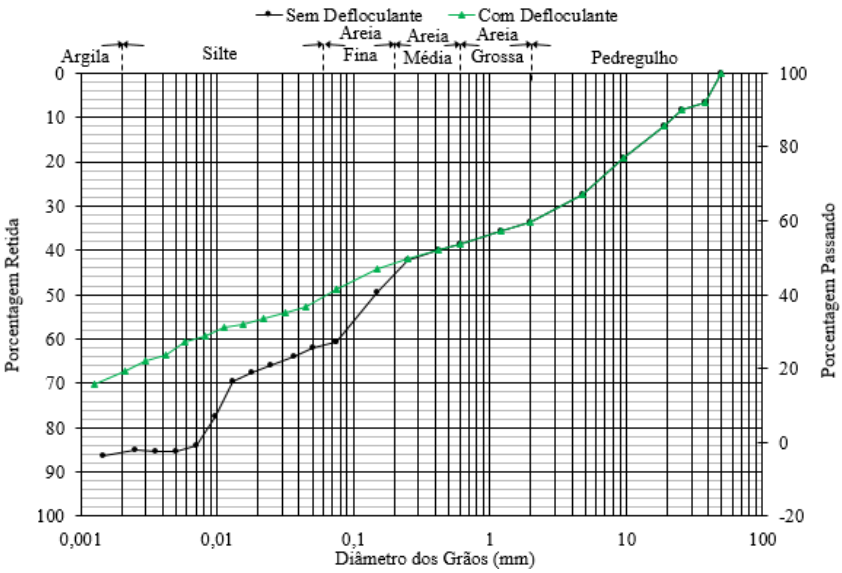



Figura 2. Curva Granulométrica

Através dos ensaios de limites de liquidez e plasticidade se determinam os limites de consistência do solo, analisando o comportamento do solo na presença de água. O resultado obtido no ensaio de limite de liquidez do solo foi de 54% de umidade aos 25 golpes e no ensaio de limite de plasticidade a umidade média de 3 amostras foi de 36%. Através da diferença entre o valor de limite de liquidez e de plasticidade do solo se obtém o Índice de Plasticidade (IP)

do solo. O valor de IP deste solo foi de 18%, classificando o material como altamente plástico, compatível com sua granulometria argilosa.

Segundo o sistema de classificação Transportation Research Board (TBR), o solo em análise se enquadra no grupo A-7-5, que são argilas plásticas de alta compressibilidade. O mesmo solo de acordo com o Sistema Unificado de Classificação do Solo (SUCS), se enquadra como siltoso de média plasticidade e alta compressibilidade (MH).

A análise química do solo apresentou um valor de CTC de exatamente 15 cmolc/kg[1], o que significa, de acordo com os valores usuais de Chesworth (2008), que há presença de caulinita no solo e possivelmente há também a presença de ilita, que é um argilomineral com tendência a ter média expansibilidade.

### 3.2 Compactação do solo natural e misturas de solo+cimento

A compactação do solo natural foi realizada nas energias Proctor normal, intermediária e modificada. Para as misturas de solo+cimento, a compactação foi realizada somente para a energia Proctor normal. Ressalta-se que este último foi realizado seguindo o método B da norma devido ao solo não ser 100% passante na peneira 4,75 mm. Na Fig. 3 estão representadas as curvas de compactação do solo natural, nas três energias citadas, e as curvas das misturas 1 e 2, com teores de cimento de 3% e 4%, respectivamente.

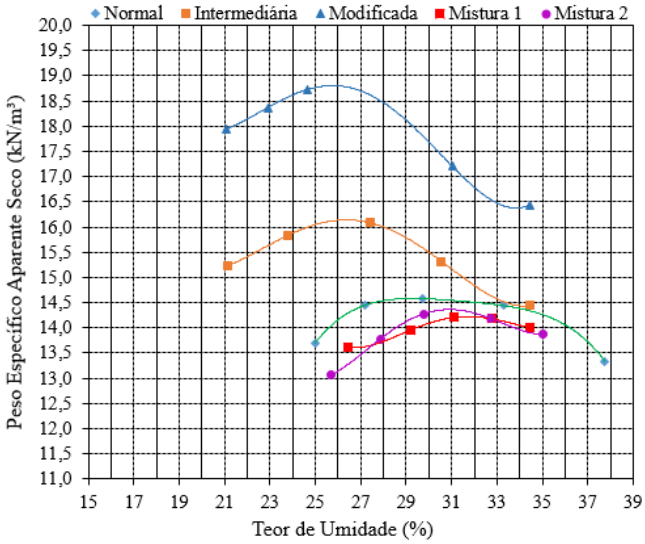



Figura 3. Curvas de compactação

Na Tab. 2 estão sintetizados os valores de peso específico aparente seco máximo e o teor de umidade ótima do solo natural nas três energias Proctor e das misturas 1 e 2 na energia Proctor normal. Analisando as curvas de compactação, foi possível observar que conforme aumentou-se a energia de compactação, o peso específico aparente seco aumentou e o teor de umidade ótima do solo reduziu. A mesma tendência foi observada para as curvas de compactação das misturas.

Tabela 2. Resultados da compactação

| Solo/Mistura | Energia de Compactação | Peso específico aparente seco máximo (kN/m³) | Teor de umidade ótima (%) |
|---|---|---|---|
| Mistura 1 | Proctor Normal | 14,24 | 32,20 |
| Mistura 2 | Proctor Normal | 14,37 | 31,00 |
| Solo Natural | Proctor Normal | 14,60 | 29,30 |
| Solo Natural | Proctor Intermediária | 16,20 | 26,10 |
| Solo Natural | Proctor Modificada | 18,60 | 25,50 |

### 3.3 Índice de Suporte Califórnia e Expansão

Após realizada a compactação do solo natural e obtido a sua curva de compactação para as três energias já citadas, foi realizado o ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e expansão. Através deste ensaio pode-se verificar se é possível ou não aplicar o solo natural na camada de sub-base sem necessitar estabilizá-lo. O ensaio foi realizado para as energias Proctor normal e modificada. Para a energia intermediária, utilizou-se o resultado obtido por Gimelli (2018). Durante quatro dias, os corpos de prova foram colocados em processo de imersão, realizando-se a medida da expansão do solo. Na Tab. 3 estão descritos os resultados encontrados durante o ensaio de expansão e ISC.

Tabela 3. Resultados de ISC e expansão

| Energia Proctor | ISC (%) | Expansão (%) |
|---|---|---|
| Normal | 7,1 | 1,51 |
| Intermediária | 12,00 | 0,75 |
| Modificada | 14,35 | 0,27 |

Com os resultados obtidos, pode-se observar que os valores de ISC para as três energias de compactação ficaram abaixo do requerido pelo Dnit (2009). O órgão requer o valor de ISC maior ou igual a 20% e expansão menor ou igual à 1%, o que torna inviável a aplicação do solo natural diretamente na camada de sub-base do pavimento. O valor de expansão na energia Proctor normal foi maior quando comparado aos valores de expansão alcançados nas demais energias, podendo estar relacionado à sua menor densidade ou devido a presença de ilita, encontrada no ensaio de análise química do solo. Assim, para aplicação deste solo na camada de sub-base é necessário uma melhoria do solo aumentando sua capacidade de suporte e reduzindo sua expansão.

### 3.4 Resistência à Compressão Simples

As dimensões dos corpos de prova foram de 10x20cm, sendo compactados no teor ótimo na energia normal, seguindo o método B da NBR 12024/2012. Após a compactação os corpos de provas foram embalados e colocados em uma cura úmida, por um período de sete dias. Foram moldados 10 corpos de prova, sendo que dois corpos de prova foram de solo natural e mais quatro corpos de prova para cada teor da mistura solo-cimento. Os corpos de prova foram rompidos na prensa mecânica e manual, com a finalidade de comparar se há diferença entre uma prensa e outra. Os valores de RCS foram obtidos através da média dos resultados de cada mistura. Na Tab. 4 estão ilustrados os resultados deste ensaio.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de RSC

| Solo/Mistura | Prensa Mecânica - RCS (MPa) | Prensa Manual - RCS (MPa) |
|---|---|---|
| Solo Natural | 0,24 | - |
| Mistura 1 | 0,23 | 0,069 |
| Mistura 2 | 0,39 | 0,122 |

Os valores de RCS tanto para o solo natural quanto para as misturas 1 e 2 foram inferiores ao requerido por norma, no que tange a sua aplicação na camada de sub-base. Entretanto, observou-se que com a adição de cimento houve uma melhoria da resistência à compressão do solo, em geral. A adição de 3% de cimento ao solo natural foi insuficiente para melhorar esse parâmetro, apresentando valor semelhante ao solo sem estabilização, entretanto com a adição de 4% ou valores superiores de cimento, se torna perceptível a melhoria dos valores de RCS. Foi possível ainda notar uma diferença entre os valores de RCS nos corpos de prova rompidos na prensa manual e mecânica. Esta diferença pode ser devido à variabilidade da velocidade aplicada na prensa manual, o que pode influenciar diretamente nos resultados finais de RCS. Outro fator a ser considerado é que devido à dificuldade em deixar a superfície dos corpos de planas durante a moldagem do solo, os corpos de prova rompidos na prensa mecânica tiveram a pressão aplicada de forma mais homogênea. Sendo assim, os valores encontrados na prensa mecânica se tornam mais confiáveis e precisos.

## 4. CONCLUSÕES

O solo analisado e estudado na presente pesquisa possui uma alta plasticidade, sua granulometria é de predominância fina sendo classificado como argilo-siltoso de alta compressibilidade pelo sistema da SUCS e TBR. Posterior à classificação granulométrica e plástica do solo, realizou-se os ensaios de ISC e expansão, onde foi verificado que o solo natural não atingiu o valor mínimo de ISC de 20% e em alguns casos sua expansão foi superior ao máximo de 1%, o que comprovou a necessidade de estabilizá-lo com a adição de cimento Portland. Os valores de RCS aos sete dias na mistura 1 foram inferiores aos do solo natural, não havendo uma melhoria nessa propriedade do solo. No entanto na mistura 2 houve um aumento de 162,5% da resistência em relação ao solo natural. Apesar da mistura 2 melhorar as propriedades do solo, não foi o suficiente para alcançar o valor exigido por norma de 1,5 MPa, não permitindo a aplicação desse material como camada de sub-base.

De acordo com Ingles e Metcalf (1972), solos argilosos quando estabilizados quimicamente apresentam um melhor comportamento e desempenho quando estabilizados com cal. Já quando são estabilizados ou melhorados com adição de cimento, os teores adicionados na mistura devem ser superiores a 8%, gerando assim resultados significativos no aumento da resistência e melhoria das demais propriedades. Outro fator que influência na baixa resistência é o tipo de argilo-mineral presente no solo. A presença, neste caso de ilita, pode ter influenciado nas reações de melhoria do solo, acarretando numa baixa resistência à compressão simples.

## 5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. Amostras de Solo – "Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização". NBR 6457. Rio de Janeiro, 2016.

_____. "Solo – Análise granulométrica". NBR 7180. Rio de Janeiro, 2016.

_____. "Solo-cimento- Dosagem para emprego como camada de pavimento". NBR 12253.

_____. "Solo- cimento – Ensaio de compactação". NBR 12023. Rio de Janeiro, 2012.

_____. "Solo – Cimento- Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos- procedimento". NBR 12024. Rio de Janeiro, 2016.

_____. "Solo – Determinação do limite de liquidez". NBR 6459. Rio de Janeiro, 2016.

_____. "Solo – Determinação do limite de plasticidade". NBR 7180. Rio de Janeiro, 2016.

_____. "Solo – Ensaio de compactação". NBR 7182. Rio de Janeiro, 2016.

_____. "Solo – Índice de Suporte Califórnia". NBR 9895. Rio de Janeiro, 2016.

Azevedo, André Luis Cairo de. "Estabilização de solos com adição de cal: Um estudo a respeito da reversibilidade das reações que acontecem no solo após a adição de cal". 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado) – Geotecnia de pavimentos, UFOP, Ouro Preto – Mg, 2010.

Bastos, Cezar Augusto Burkert; Brandão, Pedro Henrique De Souza Farias; Aguiar, Larissa Macedo; Albuquerque, Franklin Willians Ramos Cavalcanti. "Estudo de Estabilização de Solos Sedimentares Costeiros com Baixa Capacidade de Suporte". *In:XVIII Congresso Brasileiro De Mecânica Dos Solos E Engenharia Geotécnica: o futuro sustentável do Brasil passa por Minas*. 2016, Belo Horizonte- Mg. Anais... . Belo Horizonte- Mg: COBRAMSEG, 2016. p. 7.

Bernucci, Liedi Bariani; Motta, Laura Maria Goretti Da; Ceratti, Jorge Augusto Pereira; Soares, Jorge Barbosa. "Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros". Rio de Janeiro - Rj: *PETROBRAS: ABEDA*, 2008. 504 p.

Brito, Laís Costa; Paranhos, Haroldo Da Silva. "Estabilização de Solos". *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Edição 06. Ano 02, Vol. 01. Pp 425-438, Setembro de 2017.

Cardoso, J. G. F. G.; Almeida, G. B. O.; Casagrande, M. D. T. "Análise de Estabilização Química de Solo Argiloso com Cimento pra Uso na Pavimentação". *In: XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica O Futuro Sustentável do Brasil passa por Minas*. Minas Gerais. Anais... Belo Horizonte: COBRAMSEG, 2016. p. 7.

Chesworth. W. (Coord.) "Encyclopedia of Soil Science". *New York*: Springer, 2008.

Confederação Nacional De Transporte -CNT. "Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?". 2017. *Confederação Nacional do Transporte.*

_____."Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos". 2017. *Confederação Nacional do Transporte.*

Cristelo, Nuno Miguel Cordeiro. "Estabilização de solos residuais graníticos através da adição de cal". 2001. Dissertação (Mestrado) – *Escola de Engenharia, Universidade do Minho*, Guimarães – Pt, 2001. Cap. 2.

Departamento De Estradas De Rodagem Do Paraná DER/PR ES-P 11/05. "Pavimentação: Solo-cimento e Solo Tratado com Cimento". Paraná, 2005.

Departamento Nacional De Infraestrutura e de Transportes. Revisão da Norma DNER 301/1997-ES: "Pavimentos flexíveis- sub-base estabilizada granulometricamente-especificação de serviço". Rio de Janeiro. 2009

Gimelli, Maitê Beinlich. "Implantação de banco de dados contendo as características geotécnicas de solos da região de Frederico Westphalen". *Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões*, Frederico Westphalen - RS, 2018

Ingles, Owen Graeme; Metcalf, John B. "Soil stabilization principles and practice". 1972.

Instituto De Pesquisas Rodoviárias. "Norma DNIT 140: Pavimentação-sub-base de solo melhorado com cimento – especificações de serviço". Rio de Janeiro, 2010.

Núñez, Washington Peres. "Estabilização físico-química de um solo residual de arenito Botucatu, visando seu emprego na pavimentação". 1991. 150f. Dissertação (Mestrado) – *Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre – RS, 1991.

Santos, M. N. "Análise do efeito da estabilização mecânica em matrizes de terra". Rio de Janeiro: *PUC-RIO*, 2012. 30p. Relatório final de iniciação científica

Sartori, Guilherme. "Estudo de estabilização de solos para fins de pavimentação na região de Campo Mourão". Campo Mourão: *UTFPR*, 2015.

Specht, Luciano Pivoto. "Comportamento de misturas solo-cimento-fibra submetidas a carregamentos estáticos e dinâmicos visando a pavimentação". 2000. 151f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre – RS, 2000.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia Civil:

# Geotécnica

# Estradas

# Pavimentação

# Transportes

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE BASE DE BRITA GRADUADA SIMPLES COM ADIÇÃO DE ADESIVO DE SILICONE NEUTRO

**Bruna Regina Janish**
**Fabiano da Silva Jorge**
URI – Campus II, RS 331, Erechim - RS
brunajanish@hotmail.com / fabianojorge@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O comportamento estrutural dos pavimentos depende da espessura de cada uma das suas camadas, da rigidez e dos materiais utilizados. Como forma de aumentar a capacidade de suporte da base dos pavimentos, alguns materiais podem ser utilizados com adições à mistura de BGS. Nesse contexto, por possuir excelentes propriedades de adesão e aglomeração, e por resultar em um produto final vedante, durável e flexível, foi analisado o comportamento de base de BGS com adição de silicone neutro. A partir disso, seguindo o programa experimental desenvolvido com base na norma DNIT 141/2010, foram realizados ensaios mecânicos de Proctor e CBR e ensaio de permeabilidade na BGS e BGS com adição de silicone, para fim de comparação entre os materiais, além de uma análise da viabilidade econômica da utilização da adição à mistura. Em relação ao ensaio mecânico de CBR, observou-se melhor comportamento da BGS em relação a BGS com adição de silicone, quando utilizado o teor de silicone ótimo de 10,40% definido no ensaio mecânico de Proctor. Quanto ao ensaio de permeabilidade notou-se que a BGS com adição de silicone neutron apresentou maior resistência à passagem de água. E por fim, analisando a viabilidade financeira da incorporação de silicone, concluiu-se que apesar do maior custo, que a prncípio inviabiliza a utilização da adição, a continuação de pesquisas neste assunto é recomendada.*

***Palavras chave:*** *pavimentos, camada de base, Brita Graduada Simples, silicone neutro*

## 1. INTRODUÇÃO

A Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2016) afirma que o transporte rodoviário desempenha um papel importante na sociedade e na economia do país, pois tem sido a principal alternativa para movimentação de cargas e pessoas em todo território brasileiro. No entanto, ainda de acordo com a CNT (2016), para que esse transporte seja realizado de forma eficiente, faz-se necessário que o pavimento das rodovias esteja em boas condições, oferecendo economia, segurança e conforto aos usuários.

Na pavimentação, Suzuki *et al.* (2013) afirma que o principal objetivo é projetar e construir economicamente uma estrutura resistente o suficiente para suportar as cargas de tráfego e as ações das intempéries, proporcionando níveis de conforto ao rolamento e segurança aceitáveis ao longo do período de projeto. Contudo, mesmo bem dimensionados e construídos para atender a um horizonte de projeto de dez a vinte anos, muitos pavimentos têm apresentado problemas funcionais, estruturais e até de segurança viária precocemente, com um número de solicitações de tráfego relativamente baixo.

Relacionada aos problemas estruturais dos pavimentos, a camada de base tem elevada importância na distribuição dos esforços e na drenagem da água. As bases granulares, em especial as de Brita Graduada Simples (BGS), são empregadas no Brasil desde a década de 60. Porém, com o objetivo de prolongar a vida de fadiga dos revestimentos asfálticos, a engenharia rodoviária procurou desenvolver novas técnicas, adotando o uso de bases e sub-bases de maior rigidez. Surgiu assim, na década de 70, a utilização da Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC). Outra possibilidade de aumentar a rigidez e melhorar a resistência da camada é através do uso da estabilização de materiais granulares por ligantes asfálticos. (SUZUKI *et al*., 2013).

Outros tipos de materiais, conforme Senço (2008), também podem permitir a estabilização das camadas do pavimento, mas ainda carecem de maior experimentação, exigindo que sejam realizados testes que possibilitem uma avaliação de suas reais propriedades, além de um confronto, em termos econômicos com os materiais utilizados tradicionalmente.

Dessa forma, o objetivo do trabalho é o de analisar o comportamento da base de BGS com adição de adesivo de silicone neutro, onde busca-se contribuir para a impermeabilização desta mistura, além de melhorar o CBR (California Bearing Ratio).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Há anos o modal rodoviário tem sido a principal alternativa para a movimentação de pessoas e bens no Brasil. Sendo o principal responsável pela integração de todo o sistema de transporte, contribuindo significativamente para o desenvolvimento socioeconômico do país. (CNT, 2016).

Bernucci *et al*. (2008) menciona que a estrutura dos pavimentos deve ser constituída por camadas que possuem a função de distribuir as solicitações de carga, limitar as tensões e as deformações de maneira a garantir um desempenho adequado da via, por um longo período de tempo. As cargas que solicitam um pavimento são transmitidas por meio das rodas pneumáticas dos veículos e, conforme Medina e Motta (2005), o objetivo da mecânica dos pavimentos é limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes.

A camada de base, que corresponde ao objeto deste trabalho, segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2006), é a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego de veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado.

A capacidade estrutural da camada de base está relacionada às propriedades de rigidez e resistência dos materiais empregados em sua constituição, conforme a CNT (2016). Segundo o DNIT (2010), para serem utilizados na camada de base os materiais devem apresentar os seguintes resultados nos respectivos ensaios: CBR $\geq$ 80% e expansão $\leq$ 0,5%. Contudo, materiais com CBR $\geq$ 60% também podem ser empregados, desde que seja em pavimentos com número de repetições padrão $N \leq 5 \times 10^6$.

Segundo Azevedo (2007), o desempenho insatisfatório do pavimento tem suas causas relacionadas a infiltração de água na estrutura do pavimento. Pois os defeitos oriundos da infiltração são, geralmente, o resultado da exposição contínua a umidade, que causam perda de rigidez das camadas com a saturação e deterioração dos materiais pela interação com a umidade, culminando com a degradação dos pavimentos asfálticos. Conforme Santos (2013), o controle tecnológico existente na construção da estrutura de um pavimento visa deixá-lo o mais selado possível, livre da presença indesejada de água em excesso. Para isso, a compactação das camadas é feita numa determinada umidade, chamada de umidade ótima. A partir da umidade ótima, qualquer alteração na quantidade de água presente na estrutura pode comprometê-la, a ponto de causar deformações e trincamentos capazes de inutilizá-la.

A presença de água acarreta em grandes alterações nas propriedades mecânicas dos materiais constituintes e no desempenho do pavimento a longo prazo. Pois à medida que a água contida nas bases e sub-bases aumenta, ocorre uma redução na capacidade de suporte e um crescimento da razão de perda na serventia do pavimento. De acordo com Pereira (2003), para que uma alternativa seja eficiente na proteção da estrutura à ação da água em excesso, o pavimento deve ser o mais impermeável possível, fazendo com que o volume de água que infiltra na estrutura seja reduzido ao máximo. Também deve ser capaz de propiciar a rápida eliminação da água que infiltrar, para que a estrutura seja solicitada o menor tempo possível com teores elevados de umidade, além de ser constituído por materiais que apresentam baixa sensibilidade às variações do teor de umidade.

De acordo com Costa (2012), o silicone possui excelentes propriedades de adesão, vedação e resistência a intempéries. Através de suas propriedades físicas que são pouco afetadas pela temperatura, conquistou mercados importantes como, por exemplo: construção civil, eletrônica, espacial e militar.

## 3. METODOLOGIA

O programa experimental foi elaborado com base na norma 141/2010 do DNIT, a qual define a metodologia a ser empregada na execução e controle da qualidade da camada de base do pavimento, quando utilizada estabilização granulométrica.

Inicialmente foram relizados os ensaios de caracterização granulométrica dos agregados, em seguida foi definido o traço da BGS e os teores de silicone utilizados como adição, para posteriomente serem realizados os ensaios de Proctor e CBR da BGS e da BGS com adição de silicone neutro. Também foi realizado o ensaio de permeabilidade nos corpos de prova de BGS e BGS com adição de silicone neutro, juntamente com a verificação da viabilidade financeira da adição.

A Figura 1 apresenta o organograma do programa experimental desenvolvido para atender o objetivo proposto.

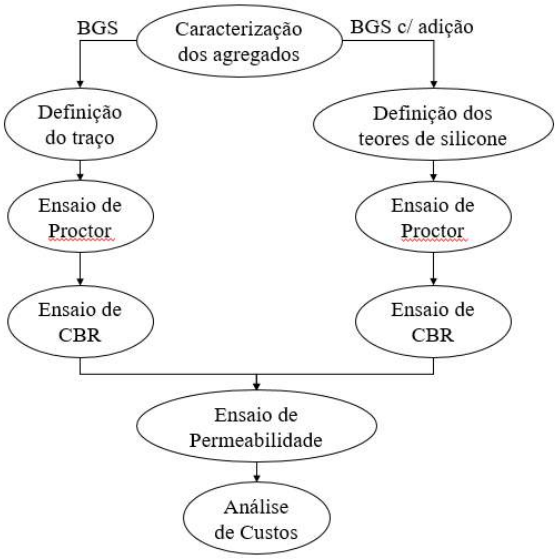



Figura 1. Organograma do programa experimental desenvolvido

A definição do traço da BGS ocorreu a partir do enquadramento da mistura na Faixa "C" do DNIT, sendo ela composta por 33% de brita 3/4", 3,0% de brita 3/8" e 64% de pó de brita, sendo este traço o mesmo utilizado para a mistura de BGS com adição.

Já o teor inicial de silicone foi determinado a partir do ensaio de compactação, tendo como referência de teor a umidade ótima de água na BGS sem adição. Assim, foram definidos os teores de silicone de 7%, 9%, 11%, 13% e 15% para respectiva adição nos cinco corpos de prova moldados no ensaio de Proctor.

É importante destacar que a água foi totalmente retirada da mistura de BGS com adição, sendo substituída pelo silicone, que se tornou o agente responsável pela "ligação" dos materiais constituintes.

## 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir são abordados e discutidos os resultados obtidos nos ensaios de Proctor e CBR da mistura de BGS com adição de silicone, assim como o resultado no ensaio de permeabilidade das misturas de BGS e BGS com adição, além de ser apresentada a viabilidade econômica da adição.

### 4.1 Ensaio de Proctor

Com base nos valores de massa específica encontrados para cada umidade utilizada, foram traçadas as curvas de compactação para as misturas de BGS e BGS com adição de silicone. A curva de compactação obtida para a mistura e BGS é apresentada na Figura 2.

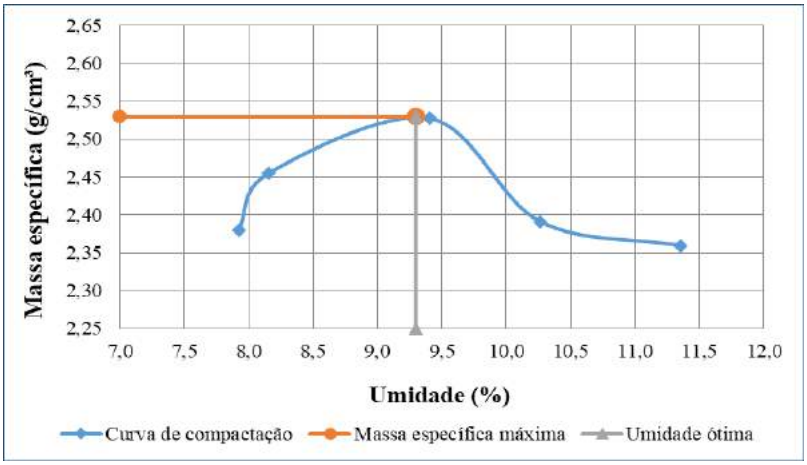



Figura 2. Curva de compactação da mistura de BGS

A curva fornece os valores de massa específica aparente máxima e umidade ótima. Sendo assim, através da análise do gráfico da mistura de BGS, foi obtido o valor máximo de 2,53 g/cm³ no eixo das ordenadas, correspondendo este valor a 9,3% no eixo das abcissas. Estes resultados indicam que para a máxima compactação da mistura, a umidade da mesma deve ser de 9,3%, atingindo assim uma massa específica aparente máxima de 2,53 g/cm³.

Já a curva de compactação obtida para a mistura de BGS com adição de silicone é apresentada na Figura 3.

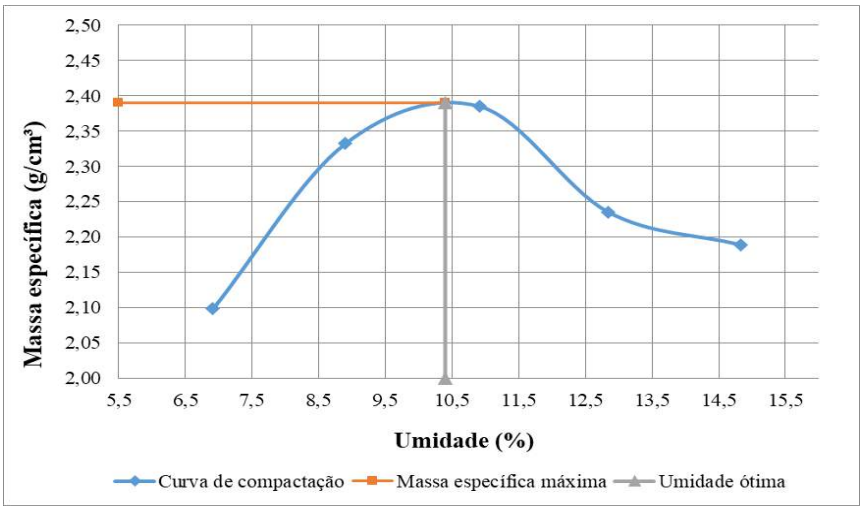



Figura 3. Curva de compactação da mistura de BGS com adição de silicone

Através da análise do gráfico da mistura de BGS com adição de silicone neutro, observou-se que a massa específica máxima, correspondente ao eixo das ordenadas é de 2,39 g/cm³, e este valor refere-se a umidade de 10,40%, ou seja, a máxima compactação da mistura ocorre quando o teor de silicone corresponde ao teor de 10,40%.

### 4.2 Ensaio de CBR

O resultado no ensaio de CBR, regido pela normativa DNIT 172/2016 – ME para os corpos de prova de BGS moldados no ensaio de Proctor, são apresentados na Figura 4.

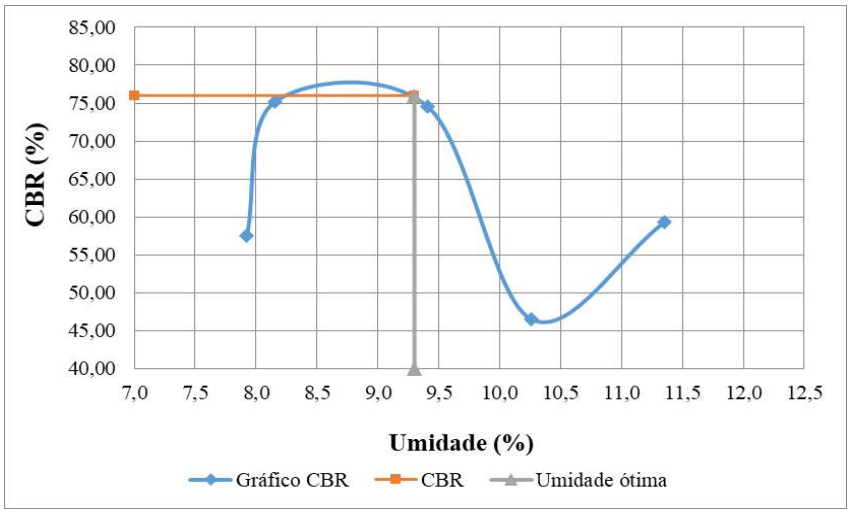



Figura 4. Curva de CBR da mistura de BGS

Sendo assim, para a umidade de 9,3% da mistura de BGS, foi obtido CBR de 76%. Confrontando o valor encontrado com o valor mínimo especificado pelo DNIT para a utilização do material na camada de base dos pavimentos, observa-se que o material não obteve 80% de CBR, podendo então ser utilizado somente em tráfego onde $N \leq 5 \times 10^6$.

Já os resultados no ensaio de CBR, realizado nos três corpos de prova de BGS com adição, moldados no teor ótimo de silicone, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. CBR dos corpos de prova de BGS com adição de silicone neutro

| CP | CBR (%) |
|---|---|
| 1 | 24,40 |
| 2 | 16,90 |
| 3 | 20,20 |
| Média | 20,50 |

A partir dos resultados obtidos para o teor de silicone definido, concluiu-se que a mistura não alcançou valores suficientes para ser utilizada como camada de base dos pavimentos, ficando abaixo do valor mínimo estabelecido pelo DNIT que é de 60%.

### 4.3 Ensaio de Permeabilidade

Os coeficientes de permeabilidade das misturas de BGS e BGS com adição de silicone neutro, obtidos através da Lei de Darcy, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficiente de permeabilidade das misturas

| Material | Coeficiente de permeabilidade (cm/s) |
|---|---|
| BGS | 0,016 |
| BGS com silicone | 0,016 |

Apesar dos resultados alcançados no referido ensaio terem se mostrado iguais, observou-se durante a realização do mesmo o comportamento extremamente diferente das duas misturas quando da colocação da água: a mistura de BGS se desintegrou instantaneamente, enquanto a mistura de BGS com adição permaneceu intacta nos primeiros momentos. Além disso, notou-se que a velocidade da passagem da água foi ligeiramente menor na mistura de BGS com adição de silicone neutro.

Considerando os comentários apresentados, concluiu-se que houve um retardo na permeabilidade na mistura com a adição do silicone neutro.

### 4.4 Verificação da viabilidade de custo

A análise da viabilidade de custo da adição de adesivo de silicone neutro à mistura de BGS na camada de base de pavimentos, foi realizada através de pesquisa de mercado. A Tabela 3 fornece o custo por m³ da camada de base quando utilizado BGS e a BGS com adição de silicone.

Tabela 3. Custos da BGS e BGS com adição de silicone neutro

| Material | Unidade | Custo (R$) |
|---|---|---|
| BGS | m³ | 106,67 |
| BGS com adição de 10,4% | m³ | 5.071,92 |

Através da análise da tabela, observou-se que em um primeiro momento a utilização desta adição ainda é inviável, mas novas pesquisas junto a outros fornecedores podem fornecer valores mais atrativos.

## 5. CONCLUSÕES

No que diz respeito a dosagem da mistura de BGS com adição, verificou-se que a homogeneização da BGS com adição foi perdendo trabalhabilidade conforme o incremento de teor de silicone, e com isso dificultou a homogeneização da mistura. Outra observação importante é que mesmo a verificação visual indicando como mais adequado um dos teores mais baixos de silicone daqueles estabelecidos, a curva de compactação indicou o teor ótimo de 10,4%, possivelmente em função do método adotado para escolha do teor ótimo.

Nos ensaios mecânicos, a mistura de BGS apresentou resultados em conformidade com o especificado pela norma DNIT 141/2010 para utilização em bases de tráfego leve, pois o CBR de 76% não atingiu o mínimo de 80% para utilização em tráfego pesado. Porém, a mistura de BGS com adição de adesivo de silicone neutro não obteve resultado

suficiente para sua utilização na camada de base, pois seu CBR ficou em 20,5%, o que condicionou sua utilização no máximo como camada de sub-base. Esse fato da redução brusca de suporte da mistura pode estar ligado diretamente ao método utilizado para obtenção do teor ótimo de silicone, uma vez que não se tinha na literatura recomendação de como obter esse teor. Como a pesquisa foi possivelmente pioneira com esta adição, ela servirá como orientação para estudos futuros utilizado outros métodos para obter-se o teor ótimo de silicone.

Em relação a permeabilidade, apesar dos resultados no ensaio terem se mostrado iguais para a mistura de BGS e BGS com adição de silicone neutro, através de observações na execução do ensaio notou-se a maior dificuldade da água em permear nos corpos de prova que continham silicone. Contudo, concluiu-se que a adição de silicone apenas dificultou a permeabilidade, não impermeabilizando a mistura como era esperado inicialmente.

Concluiu-se ainda que é inviável a adição de silicone neutro nas misturas de BGS em virtude do alto custo deste insumo. No entanto, observou-se uma estimativa por parte dos fornecedores muito alta, já que não é comum o fornecimento em grandes quantidades no mercado. Mas foi sinalizado que é possível se trabalhar estes valores, e somados a possibilidade de novos estudos indicarem uma adição menor de silicone, podemos obter valores que sejam competitivos para sua utilização.

Balbo (2016) destacou a importância de novas pesquisas que desenvolvam soluções de alta durabilidade para as rodovias no Brasil, havendo cada vez mais a necessidade de se fazer pavimentos mais robustos. Concluiu-se assim, que novas pesquisas devem ser feitas a partir deste estudo para que seja melhor avaliada a adição de silicone em misturas de BGS.

## 6. REFERÊNCIAS

Azevedo, Â. M., 2007. *Considerações sobre a drenagem subsuperficial na vida útil de pavimentos rodoviários*. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Bernucci, L. B., Ceratti, J. A. P., Motta, L. M. G. e Soares, J. B., 2008. *Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros.* PETROBRAS, ABEDA, Rio de Janeiro.

CNT, SEST e SENAT, 2016. *Pesquisa CNT de rodovias 2016***:** relatório gerencial. 17. ed. Brasília, 389 p.

Costa, W., 2012. *Comportamento das forças de adesão do adesivo selante de silicone e do mastic butílico sob o efeito da radiação ionizante.* 93 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Departamento Nacional de Infraestrura de Transportes. DNIT, 2006. *Manual de Pavimentação*. 3ª ed. Rio de Janeiro: DNIT.

_____. DNIT 141/2010 – ES, 2010. *Pavimentação – Base Estabilizada Granulometricamente – Especificação de Serviço.* Rio de Janeiro: DNIT.

_____. DNIT 164/2013 – ME, 2013. *Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio.* Rio de Janeiro: DNIT.

_____. DNIT 172/2016 – ME, 2016. *Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio*. Rio de Janeiro: DNIT.

Medina, J. e Motta, L.M.G. 2005. *Mecânica dos Pavimentos.* 2 ed. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ.

Pereira, A. C. O, 2003. *Influência da drenagem subsuperficial no desempenho de pavimentos asfálticos.* 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Santos Júnior, E. J, 2013. *Estudo da Drenagem Subsuperficial e Subterrânea de Sítios Aeroportuários*. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

Senço, W., 2008. *Manual de Técnicas de Pavimentação*. 2 ed. São Paulo: PINI.

Suzuki, C. Y., Azevedo, A. M. e Kabbach Júnior, F. I, 2013. *Drenagem subsuperficial de pavimentos: conceitos e dimensionamento*. São Paulo: Oficina de Textos.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# THE FUTURE CHAPTER OF A FORGOTTEN PAST: AN ANALYSIS OF THE BRAZILIAN RAILWAY POTENTIAL

**Giovani Jordi Bruschi**
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com

**Gilson Francisco Paz Soares**
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

***Abstract.*** *This article pledges with the state-of-the-art of the railroad system carried out with reference to the current worldwide scenario. Draws upon a theoretical exposition, which applied methodology was the desk-research, based on Congress proceedings, Digital Thesis Bank, as well as books dated from 1974 to 2018, holding as key-words railroad system, transportation, governmental investments and means of transportation. The development of any country requires the existence of an adequate and efficient means of transport. But the transport functions only as a facilitation factor, and not necessarily as a cause of economic growth. In a society that has so many obstacles to development of family-based agriculture, preventing the democratic access to land since colonial times, and even more so after Independence and in modern times, opening up, expansion and improvement of means of transport have never been able to exert the dramatic transformers and function as an instrument of modernization economy, as has happened in several countries over the century. The mode of road transport, in this context, would have to be the only one that, in a country like Brazil, could have survived and developed in the present era.*

***Keywords:*** *railroad system, transportation, governmental investments and means of transportation.*

## 1. INTRODUCTION

The traffic has become one of the most studied areas by engineers due to a significant increase in the manufacture of means of transportation, both of cargo and people. This increase in the rate of vehicle production (which may be associated with the measures promoted by vehicle manufacturers) corresponds to the need to have available means of transport that facilitate and accelerate the daily activities of the population (DAHLMAN, 1979). For the government of a state, traffic is one of the sectors that most needs attention due to the appalling and growing number of accidents involving vehicles.

The cargo transportation system in Brazil needs modalities with adequate infrastructure and more effective to meet the current logistics demands. In accordance with Iossa (2011), being a Continent Country, where great distances are traveled from the production areas to the ports of drainage, it is necessary to seek less costly and more effective means, in order to ensure a lower cost and effectively a greater profit, in order to make Brazil is more competitive in the foreign market, particularly when it comes to exporting commodities.

As the fleet of vehicles grows, so does the population of a region. According to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the population of Rio Grande do Sul increased from 10 844 476 in 2007 to 11 286 500 in 2016. The most worrying thing is that the growth rate of the number of vehicles is much larger than the population. While the number of means of transport grew by more than 2.5 million, the number of inhabitants of the state varied by slightly more than 440 thousand, in the same period of time.

According to the Brazilian government's strategy, investments in the expansion of the railway network will be carried out, for the most part, through private concession. In this context, the new concessions will be granted within the framework of a new model of railway operation, in which the concessionaire will be responsible for the construction and management of the infrastructure, while the transport service will be in charge of transport operators without rails, in a vertical separation scheme (MATTOS, 2014). At the same time, in consonance with Ojima (2014), operators will have the right to travel through the various networks, in an open access way, favoring the organization of a competitive environment. In order for this model to be successful, however, the role of government in stimulating the establishment

of a regulatory environment appropriate to the attraction of the required private investments and the promotion of sector efficiency and the well-being of users will be decisive (MEDAUAR, 2009).

## 2. AMERICAN RAILWAY TRACK MODEL

In 2007, at the request of the Congress of the United States of America, a National Rail Freight Infrastructure Capacity and Investment Study was designed to evaluate the long-term capacity expansion needs of the continental freight railways from the USA. It provides a first approximation of rail infrastructure improvements and investments required to meet the US Department of Transportation (DOT) in demand projected for rail freight by 2035. The US Department of Transportation estimates that demand by rail freight will increase by 88% by 2035 (VIERTH, 2011).

In accordance with Vierth (2011), the study focuses on approximately 84,000 kilometers of rail corridors. These corridors make up about a third of all US rail freight and are expected to absorb most of the planned traffic and almost all of the investment to expand its capacity.

The aforementioned study assesses the capacity expansion needs of US cargo railways in the long term by providing a first approximation of rail infrastructure improvements and investments required to meet the Department of Transportation's projected demand for rail freight in 2035.

The study estimates the need for new runways, signals, bridges, tunnels, terminals and facilities. It estimates that an investment of $ 148 billion (in 2007 figures) for infrastructure expansion over the next 28 years will be needed to keep pace with economic growth and meet demand forecast by the Department of Transportation.

The demand for investments has been driven by three factors: demand, the current capacity of the system and the costs of infrastructure expansion. The US DOT estimates that population growth, economic development and trade will almost double the demand for rail freight by 2035. The projected rate of growth over the next 30 years is not superlative but comes with a delay of two decades of growth in rail freight transport that has already absorbed most of the overcapacity in the existing rail freight system. The largest parts of the capacity expansions have already been made; Future capacity expansions will be achieved at a higher cost because they will require new bridges, more expensive tunnels, more runways and larger terminals in developed areas (DI PIETRANTONIO, 2004).

In consonance with Merkert (2014), the investment projections ensure that the market will sustain the rail freight prices sufficient to maintain long-term capital investments. If changes in regulatory milestones or unfinanced legislative mandates reduce productivity gains, investment and capacity expansion will be slower and freight railways will be less able to meet expected demand (VIERTH, 2011).

The results of this study provide a starting point for assessing rail capacity requirements and future investments. The results describe the improvements and investments required by the railways to carry the expected tonnage of cargo. Further work will be needed to determine how much more capacity and investment would be required to increase the tonnage share of rail freight and to reduce the rate of growth of truck traffic on highways. Finally, the predictions and estimates of improvement in this study do not fully anticipate future changes in markets, technology, regulation, and carrier and carrier business plans (STERN, 2003).

Summarily, the results clearly point to the need for more investment in rail freight infrastructure and a national strategy that supports rail capacity expansion and investment (GÓMEZ-IBAÑEZ, 2003).

## 3. BRAZILIAN RAILWAY TRACK

The first governmental initiatives for the construction of roads in Brazil date back to 1828 when the Imperial Government, through a letter of law, authorized the construction and operation of roads in general. In 1835, through Decree No. 101, dated October 31, the Imperial Government offered the companies interested in the concession to build and explore and railways for a term of 40 (forty) years. The purpose would be to link the states of Rio Grande do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais and Bahia, which did not attract interested investors. (USDA, 2014).

In order to try to promote integration and increase logistics, the Imperial Government promulgated Decree No. 641 of June 26, 1852, which provided investors with exemptions and guarantees of interest on invested capital for companies interested in building and explore railways in that region or in any part of the country.

On the one hand, the construction of railways by the encouragement of the Imperial Government has partly achieved its objectives, on the other hand, it has had damaging consequences for rail integration that persist to the present. A large number of different gauges, very extensive and sinuous traces and scattered and isolated railways mean that there is no effective use of this modality, of the oldest railroads (STADUTO, 2003).

In consonance with De Matos (1974), the management of President Getúlio Vargas brought important achievements to the railroad mode when he sought to reorganize and reorganize the railroads. As a result, several railroads were incorporated into the Union's patrimony when the Federal Roads Inspectorate was created to administer highways and railroads. This province originated the National Department of Railways (DNEF) and National Department of Roads (DNER).

The DNEF was extinguished, and in its place came the Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima. The fact that the Federal Government takes over the management of the railroads can be considered strategic, as it aimed to avoid

sudden traffic interruption; generate an increase in operational capacity; recover rolling lines and rolling stock; avoid unemployment; and administratively reorganize the entire rail system (CONAB, 2014).

In consonance with Campos et. al. (2000), the 1980s were difficult for the rail system, with a large reduction in investment. RFFSA experienced a major technical-operational imbalance, with serious degradation of the superstructure, infrastructure, and rolling stock, which resulted in a significant loss of market for the roadway. As a sanitation measure, the RFFSA was removed from urban transport, being replaced by a new company, Companhia Brasileira de Transportes Urbanos (CBTU).

In order to raise its own resources, necessary for the continuity of investments, it was decided to privatize cargo transportation. Thus, the Concessions Law allowed for the privatization of the RFFSA, establishing the rights and duties of the parties involved, as well as the principle of maintaining economic and financial balance and the rights of users. For that, Government Auctions were held (DE SOUSA, et. al., 1997).

Finally, in 1999, the National Privatization Council dissolved, liquidated and extinguished the RFFSA, marking the end of the Government's participation in the railway modal, with a disconnected network, without intermodality and precarious.

In general, it should be noted that, unlike in the United States and Canada, where there are more than two railroads connecting two destinations to most of the cases, in Brazil, as in many other countries, the railroads were built in exclusivity, with a single route linking two locations (OECD, 2013).

## 4. BRAZILIAN RAILWAY TRACK CAPACITY

The 27,782-kilometer rail link is awarded to 11 (eleven) major concessionaires. Railway concessions were extremely positive for freight transport. According to ANTF (2014), in 1997 the general cargo transport was 63.1 TU (useful tons), and in 2014 reached the mark of 90.8 TU, representing an increase of 44.1%. Likewise, there was an incredible increase in the amount of iron ore and mineral coal transported, considering that in 1997 were transported 190.2 TU and in 2014, followed by rails 373.1 TU, which represents an increase of 96 %.

However, despite the efforts made to increase this, it should be noted that much more needs to be done in order to increase the railway matrix. In a seminar held at the end of 2015 (Transport Infrastructure Forum) promoted by Folha de São Paulo, experts and representatives of the private sector evaluated that there is insecurity on the part of investors due to the lack of clarity in the rules and models of concessions. According to them, if they were better defined and with a strong legal foundation, they could lead to larger investments with more attractive rates of return. Investments in the sector should be in the order of R $ 600 billion reais, when in fact they are around ¼ of that amount (OECD, 2013).

Stern (2003) asserts that a positive fact to be highlighted is the search by large investors for the flow of agricultural production by the so-called Arco Norte, in an attempt to reduce costs, avoiding ports in the South and Southeast of the country. Larger companies such as Cargill, Louis Dreyfus, and Glencore have invested heavily in railways and ports. The projects have a term of approximately 10 years.

According to data from the National Confederation of Agriculture (CNA), the northernmost part of Brazil (from Mato Grosso) accounts for 58% of national production and accounts for only 19% of exports, while the south produces 42% and exports 80% %. The terminals in the North and Northeast have the current capacity to ship 26 million tons of grain. According to the forecast, this capacity is expected to increase to 72 million tonnes, according to data from the Prologue Movement of APROSOJA (Association of Soybean and Corn Producers).

Investments were made with private capital (Bunge) at the transshipment station of Miritituba in the state of Pernambuco and at the port terminal of Barcarena. Other companies such as Cargill, ADM, and Amaggi are also investing heavily in logistics to unload South and Southeast ports and reduce costs. According to APROSOJA, the soybean transport from Sorriso (Mato Grosso) to the port of Barcarena (PA) is 34% less onerous than the route from Sorriso to Santos (SP). In addition to these exits, other ports are being used for the flow of grains such as Santarém (PA), Itaqui (MA), and Salvador (BA).

In Maranhão, the Grain Terminal (TEGRAM), built by a consortium of private companies, is already being expanded, with total investments of around 750 million reais and export capacity of 10 million tons.

But the problems are still not fully solved with the capabilities of ports and increased terminals. It is also necessary to invest in access to port terminals, such as BR 163, in a stretch of approximately 100 kilometers between Itaituba and Santarém, which needs to be paved.

In the southern portion of the country, companies such as Rumo (formerly ALL) and Vale Logística (VLI) work with investments to increase the grain and ore disposal capacity of the railways from the Midwest to the ports of the South and Southeast regions.

VLI invested in the private port of Santos, integrated with Fv Centro Atlântica, which interconnects with the Midwest, in order to increase its storage capacity. This terminal, which moves approximately 2.6 million tons of fertilizers, will have an installed capacity until 2017 to export soy and sugar. In addition, the company invests in the recovery of railway lines and the acquisition of locomotives and wagons. Its responsibility is to integrate the North-South and Central-Atlantic Railways to the ports of Santos (SP), São Luís (MA) and Vitória (ES).

Rumo intends to invest R $ 10 billion by 2020 in the recovery of railways and the acquisition of locomotives and wagons, aiming at increasing the transportation of grains, particularly soybeans, to the ports of Santos and Paranaguá. In addition to the grains, the company also bets on the transportation of pulp, from Três Lagoas (MS). Starting in 2020, Rumo plans a new investment phase, with a 50% increase in the number of wagons.

From the above, it is verified that the current capacity of the railway system needs to be expanded, considering the continental dimensions of Brazil. Furthermore, it can be seen that private investment may be the best solution for increasing logistics capacity, which will allow the much-desired development (ESTACHE, 2011).

## 5. RAILWAY TRACK PREDICAMENTS AND SOLUTIONS

The main aspect is a large number of existing programs. In the current evaluation, it is suggested that a unified rail program should be developed, with updated information based on the PNLT, which would facilitate the collection of resources. Similarly, the programs should be multi-annual, state-level and not government-level, which would ensure continuity over time (WILLIAMSON, 1989).

Infrastructure works, particularly railways, are usually carried out over the medium term. Thus, something perennial has to guarantee its continuity, independent of the attitudes of the rulers. In accordance to Ojima (2014), a change in the Budget Guidelines Law, with respect to infrastructure works, making such resources free of change of destination or contingency, would make projects safer and ensure the continuity of works. A work stoppage costs as much or more than a mobilization.

As mentioned in EB's last participation in railway works, 248 (two hundred and forty-eight) kilometers were built in 36 (thirty-six) months, which gives an average of 6.8 kilometers per month, in a time very conditions, considering that the work was carried out in the year 1996, where the mechanical means were scarce and the advance was done manually (DE SOUZA, 1997).

In accordance with De Matos (1974) at present, this time can be reduced by the use of the mechanical means of placing sleepers and rails. That is, what was done in 3 (three) years by the Brazilian Army in 1996, can undoubtedly be achieved in the shorter term and with quality.

Combining the need to change the LDO with the possibility of using the Railway Battalions for the construction of railroads, a percentage of the LDO could be allocated, with works planned in the PNLT, for execution by the Brazilian Army. This would ensure the continuity of the railway works and the training of the military (CAMPOS, 2000).

Dahlman (1979) asserts that, regarding the long-term construction of railways, still, EB would not be able to absorb all railway works since it has no cash, nor even has an interest in competing with private initiative. And because utilities have been directly involved with investments to make transportation more profitable, some incentives must be given to companies to increase the capital to be invested. And, similarly, there is no way for companies to provide all the capital. There is a need for the Federal Government to participate in at least 25% so that strategic works will not be paralyzed.

As for the number of Programs, it is understood that the centralization of projects in a single Program, which would be State, would facilitate part of the allocation of resources. Therefore, the study commissioned by the US Department of Transportation intends to be something more complete and lasting, in order to present all the flaws and needs of investments (DI PIETRANTONIO, 2004). If we establish a parallel with the current PNLT, we will see a closeness in terms of the main purpose and objectives. The PNLT presents previous data, from 2004 or 2005, which need to be updated, but could perfectly concentrate and absorb the projects, in addition to PAC Ferrovias, PROSEFER and PIL, since it would encompass all the needs for the development of railway infrastructure.

Another important issue with regard to a large number of programs projects that cover even the states of the Federation must be concentrated in a single federal program, in order to avoid redundancy and waste of public resources. In addition, concentrating on a single planning could avoid the issue of competing projects (LITTLECHILD, 1983).

In consonance with Saintive (2006), it should be noted that the single program could be drawn from the study of logistic corridors rather than from micro-regions, as is currently the case with PNLT, with a view to even greater integration between these micro-regions.

With regard to the investment in the bio-oceanic corridor, which represents 44% of the Logistics Investment Plan, it is understood that there must be a well-defined EVTEA (Technical, Economic, and Environmental Feasibility Study) to verify its real viability. If this is the case, it is even suggested to denounce the trilateral agreement, so that the MT can invest in other fronts, allocating more resources to integrating dry ports in the Midwest that can increase regional multimodality (JOSKOW, 2005).

With regard to the right of way and the mutual traffic regime, the solution to this issue is to adopt the horizontal concession model, where the Infrastructure Manager would be responsible for maintaining the railway structure and licensing the trains and several Operators with the responsibility of providing the rail transport service (train operation) (STADUTO, 2003). There must be a concessionary company that will take care of the railroad and the operation of the railway trains, while logistic companies transport the goods, with the payment of a kind of toll. In fact, in 2016, the Federal Government launched a call for interested companies to build railroads and to be able to explore them for up to 60 years. Unlike the previous concessions, which lasted up to 35 years.

## 6. CONCLUSION

The development of any country requires the existence of an adequate and efficient means of transport. But the transport function only as a facilitation factor, and not necessarily as a cause of economic growth.

The poverty of the domestic market the slow process country integration, and deep interregional inequalities of development explain why Brazil was unable to develop efficient transport systems intermodal transport and has not yet had a genuine railway and an efficient *cabotage* system and river navigation.

In a society that has so many obstacles to development of family-based agriculture, preventing the democratic access to land since colonial times, and even more so after Independence and in modern times, opening up, expansion and improvement of means of transport have never been able to exert the dramatic transformers and function as an instrument of modernization economy, as has happened in several countries over the century.

The mode of road transport, in this context, would have to be the only one that, in a country like Brazil, could have survived and developed in the present era.

## 7. REFERENCES

ANTF (2014). "Ferronorte S.A. - Ferrovias Norte Brasil. ANTF". Avaiable in: <http://www.antf.org.br/pdfs/Ferronorte.pdf>.

Campos, J.; Cantos, P. (2000). "Rail Transport Regulation - Privatization and regulation of transport infrastructures: guidelines for policymakers and regulators". *Washington D.C.: The World Bank Institute*.

CONAB (2014). "Séries Históricas: Safras: Produtos e Serviços: CONAB". Avaiable in: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>.

Dahlman, C. J. (1979). "The problem of externality". *Journal of law and economics*, v. 22, p. 141-162, abril 1979.

De Matos, O. N. (1974). "Café e ferrovias: a evolução ferroviária de São Paulo e o desenvolvimento da cultura cafeeira". *São Paulo: Editora Alfa-Omega*. 135 p.

De Sousa, R. A.; Prates, H. F. (1997). "O Processo de Desestatização da RFFSA: Principais Aspectos e Primeiros Resultados". *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, 4, n. 8, dezembro 1997. p. 119-142.

Di Pietrantonio, L.; Pelkmans, J. (2004). "The Economics of EU Railway Reform". *College of Europe. Bruges.*

Estache, A.; Juan, E.; Trujillo, L. (2011). Public-Private partnerships in transport. In: DE PALMA, A., et al. A Handbook of Transport Economics. Northampton: Edward Elgar Publishing Limited, 2011. p. 708-725.

Gómez-Ibañez, J. A. (2003). Regulating infrastructure: monopoly, contracts, and discretion. Harvard University Press.

IBGE (1990). "Estatísticas Históricas do Brasil: Séries Econômicasl Demográficas e Sociais de 1550 a 1988". 2a. *Edição revisada e atualizada*. ed. Rio de Janeiro: IBGE.

Iossa, E.; Martimort, D. (2011). "The theory of incentive applied to the transport sector". *Northampton: Edward Elgar Publishing Limited.* p. 684-707.

Joskow, P. L. (2005). "Regulation of Natural Monopolies". *Center for Energy and Environmental Policy Research*.

Littlechild, S. C. (1983). "Regulation of British Telecommunications' profitability: report to the Secretary of State". *Department of Industry.*

Mattos, C. (2014). "Os Incentivos na Concessão de Aeroportos no Brasil: Equilíbrio Econômico e Financeiro do Contrato e Regulação Tarifária". *Revista dos Tribunais.*

Medauar, O. (2009). "Direito Administrativo Moderno". *Revista dos Tribunais*, São Paulo, n. 13. p. 216-217.

Merkert, R; Hensher, D.A. (2014). "Open access for railways and transaction cost economics – Management perspectives of Autralia's rail companies". *Sydney: Institute of Transport and Logistic Studies*.

OECD (2013). "Recent Developments in Rail Transportation Services. OECD ITF Round Tables". *DAF/COMP*. Avaiable in: <http://www.oecd.org/daf/competition/Rail-transportation-Services-2013.pdf>.

Ojima, A. L. R. O.; Comitre, V. (2014). "O Setor Ferroviário sob a perspectiva da Economia dos Custos de Transação: a experiência do transporte de algumas commodities do agronegócio". *XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.* Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.

Saintive, M. B.; Chacur, R. S. (2006). "A Regulação Tarifária e o Comportamento dos Preços Administrados. Ministério da Fazenda". *Ministério da Fazenda.*

Staduto, J. A. R.; Da Rocha Jr, W. F.; De Freitas, C. A. (2003). "Relendo Chandler, Williamson e North para entender o processo de formação das estradas de ferro no Brasil". *Revista Análise Econômica*, Porto Alegre, 21, n. 40, setembro 2003. p. 207-225.

Stern, J. (2003). "What the Littlechild report actually said". *Regulation Initiative Working Paper* No. 55, London Business School & NERA, London.

USDA (2014). "Soybean Transportation Guide: Brazil 2013". *USDA, Agricultural Marketing Service*. Junho de 2014.

Vierth, I. (2011). "15 years deregulated rail freight market-lessons from Sweden". *European Transport Conference* 2011, 20 p. Glasgow.

Williamson, O. E. (1989). "Transaction cost economics*". Handbook of industrial organization*, 1, p. 135-182.

## 8. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MEASUREMENT OF SOIL QUALITY FOREFRONT BIOLOGICAL, CHEMICAL, PHYSICAL AND VISUAL INDICATORS

**Giovani Jordi Bruschi**
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com

**Gilson Francisco Paz Soares**
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

***Abstract.*** *This article pledges with the state-of-the-art of soil quality carried out by different indicators. Draws upon a theoretical exposition, whose applied methodology was the desk-research, based on congress proceedings, Digital Thesis Bank, as well as books dated from 1994 to 2018, holding as key-words soil quality, biological indicator, chemical indicator, physical indicator, visual indicator. Soil quality has profound effects on the health and productivity of a given ecosystem and related ecosystems. However, unlike air and water, for which there are quality standards, the definition and quantification of soil quality is not simple due to the complexity of the factors involved and the soil not consumed directly by man and animals. The analysis of soil limitations allows an initial selection of soil quality indicators that are significant and passive of quantification to help identify what is occurring in the management system. The proper use of soil quality indicators depends very much on how these indicators are understood in relation to the ecosystem of which they are part. The interpretation of the ecological relevance of the biological indicators, separated from the physical and chemical attributes, is of little value and is misleading.*

***Keywords:*** *soil quality, biological indicator, chemical indicator, physical indicator, visual indicator.*

## 1. INTRODUCTION

Soil quality has profound effects on the health and productivity of a given ecosystem and related ecosystems. However, unlike air and water, for which there are quality standards, the definition and quantification of soil quality are not simple due to the complexity of the factors involved and the soil not consumed directly by man and animals. Soil quality is often accepted as an abstract feature that depends, in addition to its intrinsic attributes, on external factors such as use and management practices, interactions with the ecosystem, and socioeconomic and political priorities (HERSPERGER et al, 2015).

The concept of what is a quality soil depends on the priorities previously established. However, in consonance to Cloquell-Ballester (2007), you should take into account its multiple functionality so as not to compromise the performance of some of its functions in the future. Thus, a given type of soil can be considered of good quality when it has the capacity, within the limits of a natural or managed ecosystem, to maintain plant and animal productivity and biodiversity, improve air and water quality and contribute to housing and human health.

However, due to the heterogeneity and dynamics of the soil compartment, its quality cannot be measured directly and can be estimated from man-made indicators. Changes in soil status have been assessed through quantitative systems using appropriate indicators, comparing with desirable values at different time intervals for a specific purpose in diverse ecosystems (HAUCK et al, 2016).

Thus, the objective of this bibliographic review is to present a concise discussion about the concepts of soil quality, some indicators used for its definition and the investigation of methods and quantitative procedures used in the measurement of soil quality.

## 2. SOIL QUALITY INDICATORS

Herrick (2000), asserts that the quantitative evaluation of soil quality is fundamental in determining the sustainability of the management systems used. The determination of soil quality indicators is necessary to identify areas of production problems, to make realistic estimates of productivity, to monitor changes in environmental quality, and to assist government agencies in formulating and evaluating agricultural land use policies.

The efficient identification of appropriate indicators to assess soil quality depends on the ability to consider the multiple components that determine their ability to perform their functions, such as productivity and environmental well-being (KARLEN et al, 1997). This identification is hampered by the multiplicity of physical, chemical, and biological attributes that control the intensity of biogeochemical processes and their temporal and spatial variations.

In accordance to Kibblewhite (2008), soil health indicators present a set of information that is used to evaluate the behavior and performance of the main soil functions, which may be physical, chemical or even biological. The proposal is that these indicators are related to five soil functions: ability to regulate and compartmentalize the flow of water; ability to regulate and compartmentalize the flow of chemical elements; promote and sustain root development; maintaining an adequate biological habitat; and respond to management, resisting degradation.

Soil quality indicators, in consonance to Knoll et al (2010), should always follow the following information: (i) Correlate data with healthy ecosystems; (ii) Integrate the processes and the physical, chemical and biological properties of the soil; (iii) be sensitive to climatic variations; (iv) Enable the creation of databases for future comparisons; and (v) Allow monitoring of soil health trends.

Soil quality indicators can be broadly classified into four groups: visual, physical, chemical and biological. Although this division into groups, as usual, it is important to point out that these attributes and processes, for the most part, are interrelated. The best indicators of soil quality are those that integrate the combined effects of various soil attributes or processes, which must be precise, simple to use and meaningful, ie they must be associated with the function for which it is intended the soil (LEHMANN et al, 2013).

However, Doran et al (1994) categorize the indicators into descriptive and analytical ones. These are of visual and morphological character, such as color, vegetation cover, friability, erosion, drainage, the thickness of horizons or layers, among others, and these are of a physical, chemical and biological nature.

Of course, in consonance to Adhikari et al (2016), the choice of certain indicators depends on the purpose for which the use of a particular soil is proposed. In addition, the selection of a specific property as an indicator of soil quality can be laborious and vary according to the intrinsic characteristics of each environment.

## 3. VISUAL INDICATORS

Visual indicators can be obtained from the interpretation of aerial photographs. Or through direct observations, such as subsoil exposure, soil color change, surface runoff, plant response, predominant weed species, among others. Visual evidence can be clear indicators that soil quality is threatened or undergoes changes (BASTIDA et al, 2008).

For the determination of visual indicators of soil quality, it is essential to apply simple, practical and easy methods, as well as, the characteristics analyzed can be determined objectively. Visual evidence can be clear indications that soil quality is threatened or undergoing the transformation. Subsoil exposure, changes in soil color, the presence of weeds, the response of plants, sediment deposition are some examples of the potential of locally determined indicators (GRET-REGAMEY et al, 2014).

## 4. PHYSICAL INDICATORS

McBratney et al (2014), assert that Physical indicators are important because they establish fundamental relationships with hydrological processes, such as infiltration rate, runoff, drainage, and erosion. They also have an essential function in the supply and storage of water, nutrients, and oxygen in the soil.

Generally, the main physical indicators that have been used and recommended are: soil density, penetration resistance, permeability, aeration, aggregation, porosity and soil moisture, soil texture, mineralogy, particle density, and color can be listed as permanent physical attributes, inherent to the properties of each soil and that serve to classify it pedologically. The alterable physical attributes are the most used as indicators because they are subject to the greatest changes, depending on the management systems (PAPRITZ et al., 2017).

Knowing that the physical properties of the soil are interdependent and that, consequently, the modification of one of them normally leads to the modification of all the others.

## 5. CHEMICAL INDICATORS

The chemical indicators are usually grouped into variables related to soil organic matter content, soil acidity, nutrient content, phytotoxic elements and certain relationships such as saturation of bases and aluminum.

In general, soil chemical attributes with the exception of pH present greater variation than physical properties (LETEY et al, 2003). Thus, a careful analysis of soil chemical attributes is required for the evaluated treatments.

Among the chemical indicators of the soil, pH, organic matter, cation exchange capacity, phosphorus, potassium, and magnesium content, aluminum saturation and by bases among others (ESRI, 2015).

Elements that together can be useful as indicators of soil quality and may indicate plant nutritional needs, contamination or pollution. The chemical characteristics of the soil present as a global functional indicator, since it

synthesizes the process of decomposition and mineralization of organic matter, in natural environments, mainly on the soil (MEA, 2005).

## 6. BIOLOGICAL INDICATORS

Biological indicators, such as soil microbial biomass, mineralizable nitrogen, soil microbial respiration, enzymatic activity and metabolic quotient, are important both for nutrient cycling and for estimating soil capacity for plant growth.

Soil fauna is a term used when referring to the invertebrate community that lives permanently or that passes one or more life cycles in the soil (PAPRITZ et al., 2017). The fauna of the soil is divided into micro, meso and macrofauna according to their body size. The biological activity of the fauna of the soil and litter is concentrated in the upper layer at 20 cm from the soil, below this depth, there is a decrease in the taxonomic richness, density, and biomass of these organisms (KARLEN et al, 1997).

In order to maintain soil quality and the sustainability of its use, it is fundamental that the abundance and diversity of soil macrofauna species be promoted (HERSPERGER et al, 2015), being indicators of soil biodiversity and the intensity of biological activities.

Studies show that the greater biological diversity establishes a soil balance for a longer period of time, being an important object of study in the environmental quality evaluation and the sustainability of the production systems. It is possible to verify primary forests, with macrofauna density and biomass two to three times larger than in managed systems (HERRICK, 2000).

## 7. SOIL QUALITY

In consonance to Adhikari et al (2016), Soil quality is defined as the ability to function within the ecosystem to sustain agricultural and biological productivity, maintain environmental quality, and promote human, plant and animal health, is strongly influenced by its use and management. Generally, the soil quality is determined by a set of physical, chemical and biological attributes that represent the different characteristics of the soil, influencing its diverse functions. These attributes may or may not perform well and influence the production and productivity of agroecosystems. Therefore, these attributes can assess the relationship between management and soil quality by classifying them.

Identifying indicators that meet the concept of soil quality is difficult due to the various chemical, physical and biological characteristics that control the different biogeochemical processes and their variations due to time and space. For this, the soil attributes variation in the native vegetation is much smaller when compared to the soils of agricultural use, being able to be considered a reference contributing to the evaluation of soils incorporated to agricultural systems (PAPRITZ et al., 2017).

McBratney et al (2014), affirms that the perfect quality for a soil is not known, and the ideal will differ between the different types of soil, their management and crops, therefore, it is necessary to determine reference points that can serve as a basis for interpretation and comparison, mainly in units of reference in productive systems.

In accordance to Kibblewhite (2008), there is no reliable and practical method for estimating soil quality, but changes in soil quality have been assessed by measuring appropriate indicators and comparing them with desirable values different time intervals, for a specific purpose in agricultural, forestry and livestock ecosystems.

Cloquell-Ballester (2007), suggests the following steps as assumptions to assess soil quality: a) divide the region or study area into different ecoregions; select ecological zones, farms or river basins with similar soils; b) define the purpose of the study on soil quality (agricultural production, environmental protection or any other use); c) choose a set of indicators for the study area; select a reference point (baseline) for each indicator; d) specify the critical limits for the selected indicators, which will vary according to each indicator and transform them into soil quality / sustainability index.

The development of these soil quality indices allows us to characterize a current situation, preventing risk situations. They can also support the elaboration and/or redefinition of specific norms for the use of the soils in regions more susceptible to environmental impacts. Specifically, in areas of environmental protection with restrictions on land use, recognized as being of great importance for the maintenance of biodiversity, there is an urgent need for instruments such as these that allow monitoring the sustainability of the production systems in these places, under penalty of intensification of productive activities, the diversity of its natural resources (ESRI, 2015).

## 8. CONCLUSION

The analysis of soil limitations allows an initial selection of soil quality indicators that are significant and passive of quantification to help identify what is occurring in the management system. The proper use of soil quality indicators depends very much on how these indicators are understood in relation to the ecosystem of which they are part. The interpretation of the ecological relevance of the biological indicators, separated from the physical and chemical attributes, is of little value and is misleading.

So an approach to assessing soil quality has to be holistic and useful in identifying agricultural management systems that retain natural resources and continue to meet the needs of the farmer (competitiveness). Using soil quality indicators, it is possible to identify whether current management is contributing to better or worse in terms of sustainable management and to make an initial identification of the problem. If spatial and temporal variations of soil quality show that current management strategies lead to sustainable management, it is not necessary to change to another management alternative.

However, if degradation of soil quality is indicated, it is advisable to go through a planning process to implement alternative management practices that can improve soil quality, are beneficial to the environment and are profitable. Soil quality is inseparable from sustainability.

## 9. REFERENCES

Adhikari, K., Hartemink, A.E., 2016.” Linking soils to ecosystem services—a global review”. *Geoderma* 262, 101–111.

Cloquell-Ballester, V.-A., Monterde-Díaz, R., Cloquell-Ballester, V.-A., SantamarinaSiurana, M.-C., 2007. “Systematic comparative and sensitivity analyses of additive and outranking techniques for supporting impact significance assessments*”. Environ. Impact Assess*. Rev. 27, 62–83.

Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. “Defining and assessing soil quality”. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., B.A., S. (Eds.), “Defining Soil Quality for a sustainable Environment. Soil Science Society of America”, *Madison*, WI 53711, USA, pp. 3–21.

ESRI, 2015. “ArcGIS Desktop”, 10.4 ed. *Environmental Systems Research Institute*, Redlands, CA.

Gret-Regamey, A., Weibel, B., Bagstad, K.J., Ferrari, M., Geneletti, D., Klug, H., Schirpke, U., Tappeiner, U., 2014. “On the effects of scale for ecosystem services mapping”. *PLoS One* 9, e112601.

Hauck, J., Albert, C., Fürst, C., Geneletti, D., La Rosa, D., Lorz, C., Spyra, M., 2016. “Developing and applying ecosystem service indicators in decision-support at various scales”. *Ecol. Ind.* 61, 1–5.

Herrick, J.E., 2000. “Soil quality: an indicator of sustainable land management?”. *Appl. Soil Ecol*. 15, 75–83.

Hersperger, A.M., Ioja, C., Steiner, F., Tudor, C.A., 2015. “Comprehensive consideration of conflicts in the land-use planning process: a conceptual contribution”. *Carpathian J. Earth Environ*. Sci. 10, 5–13.

Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schumann, G.E., 1997. “Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation”. *Soil Sci. Soc*. Am. J. 61, 4–10.

Kibblewhite, M.G., Ritz, K., Swift, M.J., 2008. “Soil health in agricultural systems”. *Philos. Trans.* R. Soc. London Ser. B Biol. Sci. 363, 685–701.

Knoll, A., Sutor, G., Huber, G., Kübler, B., 2010. “Pilotprojekt Boden”: *Bewertung von Bodenfunktionen* in Planungsverfahren. Land Oberösterreich, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Linz, Österreich.

Lehmann, A., David, S., Stahr, K., 2013. “Technique for Soil Evaluation and Categorization for Natural and Anthropogenic Soils” (original title: “Eine Methode zur Bewertung natürlicher und anthropogener Böden”).

Letey, J., Sojka, R.E., Upchurch, D.R., Cassel, D.K., Olson, K.R., Payne, W.A., Petrie, S.E., Price, G.H., Reginato, R.J., Scott, H.D., Smethurst, P.J., Triplett, G.B., 2003. “Deficiencies in the soil quality concept and its application*”. J. Soil Water Conserv.* 58, 180–187.

McBratney, A., Field, D.J., Koch, A., 2014. “The dimensions of soil security”. *Geoderma* 213, 203–213.

MEA, M.E.A., 2005. “Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis”. *Island Press*, Washington D.C.

Papritz, A., Schwierz, C., 2017. “Robust Geostatistical Analysis of Spatial Data”, 0.3-4 ed, *CRAN – The Comprehensive R Archive Network.*

UNEP, U.N.E.P., 2011. “Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers”.

## 10. RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA CAPACIDADE DE ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE UM NEOSSOLO LITÓNICO COM USO DE CAL DOLOMÍTICA PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO

**Mateus Arlindo da Cruz**
**Tamires Suani Calgaro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Frederico Westphalen
mateusarlindo@hotmail.com
tamirescalgaro@hotmail.com

**Thaís Aquino dos Santos**
Universidade Federal de Santa Maria
thaiis_as@hotmail.com

**Fábio Dischkaln do Amaral**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Frederico Westphalen
amaral@uri.edu.br

***Resumo.*** *O presente trabalho tem por objetivo estudar o uso de cal dolomítica por meio de adição de 3%, 7% e 10%, na capacidade de estabilização química de um neossolo litónico para fins de pavimentação. O solo de origem do município de Ametista do Sul, região norte do estado do Rio Grande do Sul, é composto por este tipo de solo, diferente do restante da região do Alto Uruguai (compostos por solos argilosos). No geral, neossolos litónicos apresentam baixos valores de capacidade de suporte. Para realizar a verificação da ocorrência de melhoria nas propriedades do solo in natura, foram realizados ensaios de resistências a compressão simples no mesmo e nas misturas de solo-cal. Constatou-se que ocorreram melhorias na capacidade de suporte do solo presente no município, entretanto não foram alcançados valores mínimos conforme especificados nas normas brasileiras para sua aplicação na camada de sub-base de pavimentos flexíveis. As possíveis causas da estabilização não ter demonstrado grandes ganhos nas propriedades do solo podem se dar ao tipo do solo em análise, pois o mesmo se trata de um solo com baixo teor de argila, dificultando a ocorrência das reações pozolânicas.*

***Palavras-chaves:*** *Estabilização Química, Cal Dolomítica, Solo.*

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos materiais mais utilizados no âmbito da construção civil e na engenharia rodoviária, devido à grande abundância no planeta, e ainda ser um material superficial e de fácil remoção. Nem sempre as condições e propriedades do solo *in situ* se encontram de forma satisfatória para os projetos de engenharia, fazendo-se necessário o conhecimento de técnicas para melhoramento ou estabilização dos mesmos. De acordo com Souza (2014), a estabilização de um solo pode ocorrer por processos mecânicos, químicos, biológicos ou ainda pela combinação destes. Contudo, é de suma importância ressaltar que devido ao solo apresentar grandes variabilidades no que diz respeito às suas propriedades, uma única técnica não será bem sucedida em todos os tipos de solos existentes no planeta.

O uso da adição de cal no solo é um meio de conseguir o melhoramento/estabilização do mesmo por meio da estabilização química, garantindo melhores características de suporte às cargas dinâmicas. Cristelo (2001) descreve que as alterações químicas decorrentes do contato da cal com os minerais do solo podem ser divididas em duas principais categorias: permuta iônica e reações pozolânicas.

Na permuta iônica, as partículas finas do solo aglomeram-se em flocos estáveis. Este processo é o principal fator das alterações das características geotécnicas do solo como granulometria, compactação, plasticidade, trabalhabilidade e resistência mecânica. As reações pozolânicas da adição da cal no solo podem ser descritas como o processo de cimentação do solo, dando origem a compostos de silicatos e alumínios hidratados de cálcio. Azevêdo (2010) ressalta que em solos que não possuem certo teor de argila (por exemplo, areias), a estabilização química com cal pode ser empregada. Contudo, deve-se adicionar uma pozolana natural ou artificial, como por exemplo cinza volante, para que as reações pozolânicas ocorram.

A cal é obtida através do processo de calcinação do calcário, em temperaturas superiores a 900°C, no qual ocorre a transformação dos carbonatos de cálcio em óxidos de cálcio. De acordo com Guimarães (2002), o óxido de cálcio (CaO) e cálcio-magnésio (CaO – MgO), geralmente chamado de cal virgem ou cal viva, é o resultado da calcinação dos carbonatos de cálcio e de cálcio magnésio. A cal pode ser classificada como calcítica e dolomítica. Segundo Marinho e Boschi (2000), entre as principais diferenças entre a cal calcítica e a dolomítica pode-se citar a diferente porcentagem presente de magnésio e óxido de cálcio (CaO) na composição das mesmas. Na cal calcítica a porcentagem de CaO é de 56%, enquanto que na cal dolomítica essa porcentagem baixa para 30,4%, possuindo ainda 21,95% de magnésio em sua composição.

Em várias regiões do Brasil existem estudos sobre o uso de cal para estabilização de solos (AZEVÊDO, 2010; SOUZA, 2014). No entanto, no município de Ametista do Sul, situado na região do Alto Uruguai, norte do estado do Rio Grande do Sul, ainda não foram realizadas pesquisas sobre o assunto com amostras representativas de solo do município.

Neste contexto, o presente trabalho visa estudar a estabilização química, através da adição de cal de origem dolomítica ao solo natural do município de Ametista do Sul, situado na região norte do estado do Rio Grande do Sul, para fins de aplicação em pavimentação. A região do Alto Uruguai (região em que está situado o município) é formada predominantemente por solos argiloso, de origem geológica basáltica, partindo desta premissa tende a realizar a estabilização química solo a fim de modificar e melhorar as propriedades do mesmo, e analisar o comportamento do solo frente a adição de cal.

## 2. PROCESSOS METODOLÓGICOS

O principal objetivo da presente pesquisa foi verificar o comportamento de um solo de origem do município de Ametista do Sul, estabilizado com diferentes teores de cal de origem dolomítica. Para realizar essa verificação, a pesquisa se desenvolveu com os seguintes procedimentos em ordem cronológica: coleta do solo, preparação das amostras, análise granulométrica, ensaio de limites de consistência, análise química, ensaio de compactação do solo *in natura*, ensaio de compactação da mistura solo-cal e ensaio de resistência a compressão simples.

### 2.1 Materiais

Para a realização dos ensaios laboratoriais, as amostras deformadas de solo foram coletadas no município de Ametista do Sul, noroeste do estado do Rio Grande do Sul, nas margens da RS 591. Na Fig. 1 é apresentado o ponto de onde a amostra foi retirada, situada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 27°21'31.8"S e longitude 53°13'10.9"W. A cal a ser utilizada na pesquisa para realizar a estabilização química é classificada como dolomítica. A escolha pelo uso deste tipo de cal se faz pelo fato de que no Rio Grande do Sul, a maioria das jazidas de cal são dolomíticas, sendo a cal calcítica dificilmente é encontrada no estado.

Figura 1. Local de coleta das amostras de solo

### 2.2 Metodologia dos ensaios

Para a realização dos ensaios no solo, afim de determinar as suas propriedades e características, e posteriormente realizar a verificação da estabilização química no mesmo, foram realizados diversos ensaios laboratoriais. Estes foram seguidos conforme a sua regulamentação por normas técnicas citadas na Tab. 1. A quantidade de solo preparada para a realização dos ensaios, seguiu o prescrito pela ABNT NBR 6457/2016 Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Ressalta-se que o Brasil não possui normas especificas para a mistura solo-cal, por esse motivo para viabilizar a pesquisa, adotou-se as normas de solo-cimento nos ensaios das misturas solo-cal.

Tabela 1. Normas referentes aos ensaios

| Ensaios | Normas ABNT |
|---|---|
| Preparação das Amostras de Solo | NBR 6457/2016 |
| Limite de Liquidez | NBR 6459/2016 |
| Limite de Plasticidade | NBR 7180/2016 |
| Granulometria | NBR 7181/2016 |
| Compactação | NBR 7182/2016 |
| Índice de Suporte Califórnia - ISC | NBR 9895/2016 |
| Solo-cimento: Ensaio de compactação | NBR 12023/2012 |
| Solo-cimento: Moldagem e cura dos corpos de prova | NBR 12024/2012 |

O programa experimental foi dividido em duas etapas, contemplando os ensaios realizados no solo *in natura* e os ensaios realizados na mistura solo-cal. Para o solo *in natura* foram realizados: Compactação com reuso de material para as três energias Proctor; Resistência à Compressão Simples (RCS); Análise Química; Análise Granulométrica, Índice de Suporte Califórnia e Limites de Consistência. Para as misturas de solo-cal foram realizados apenas os ensaios de compactação na energia Proctor normal, sem reuso de material e os ensaios de RCS. As composições das misturas solo-cal, podem ser observadas na Tab. 2.

Tabela 2. Composição das misturas solo-cal

| Mistura | Porcentagem de solo | Porcentagem de cal (adição) | Tipo de cal |
|---|---|---|---|
| S3D | 100% | 3% | Dolomítica |
| S7D | 100% | 7% | Dolomítica |
| S10D | 100% | 10% | Dolomítica |

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Caracterização física e química do solo

A fim de se conhecer a distribuição granulométrica do solo e as frações que o compõe, realizou-se a análise granulométrica. Na Fig. 2 é possível identificar as dimensões dos grãos do solo com e sem a adição de defloculante (hexametafosfato de sódio). Cinquenta por cento do solo se encontra na faixa de entre areia fina à argila, o que permite classificá-lo como um solo fino, com ocorrência de pedregulhos.

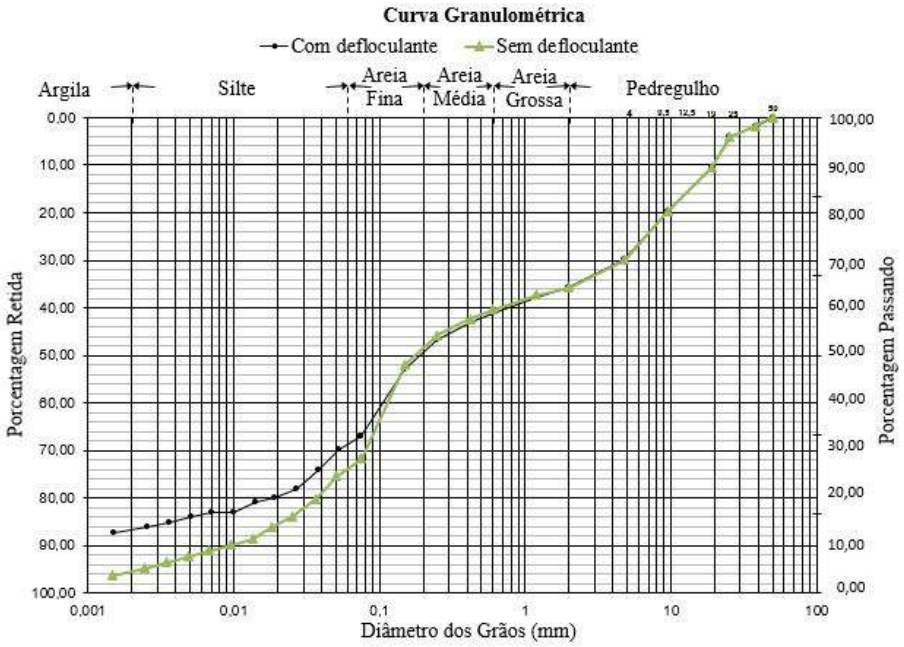



Figura 2. Curva Granulométrica

Através dos ensaios de limites de liquidez e plasticidade se determinam os limites de consistência do solo, analisando o comportamento do solo na presença de água. O resultado obtido no ensaio de limite de liquidez (LL) do solo foi de 28% de umidade aos 25 golpes e no ensaio de limite de plasticidade (LP) a umidade média de 5 amostras foi de 26%. De posse dos resultados obtidos do LL e do LP, foi possível determinar que o índice de plasticidade do solo é de 2%. Conforme especificado por Craig (2013), o solo em análise é considerado ligeiramente plástico.

Segundo o sistema de classificação Transportation Research Board (TBR), o solo em análise se enquadra no grupo A-2-4, que são pedregulhos ou areias siltosas. O mesmo solo de acordo com o Sistema Unificado de Classificação do Solo (SUCS), se enquadra como material siltoso, areias finas siltosas ou silte argilosos com baixa plasticidade denominado como SM.

A análise química do solo apresentou um valor de capacidade de troca catiônica de 24 cmolc/kg[1], o que significa, de acordo com os valores usuais de Chesworth (2008), que há presença de ilita no solo, que é um argilomineral com tendência a ter média expansibilidade.

Com base nos resultados da caracterização física e química do solo, e conforme especificado por Cunha (2010), é possível determinar que o solo em análise, de origem do município de Ametista do Sul, é classificado como um neossolo litónico, de profundidade rasa e com frequente ocorrência de cascalho e pedregulhos.

### 3.2 Compactação do solo *in natura*, misturas de solo-cal e Índice de Suporte Califórnia

A compactação do solo *in natura* foi realizada nas energias Proctor normal, intermediária e modificada, já para as misturas de solo-cal, a compactação foi realizada somente para a energia Proctor normal, conforme prevê a norma supracitada na Tab. 1. Ainda, é de suma importância ressaltar que este último foi realizado seguindo o método B da norma, visto o solo não ser 100% passante na peneira 4,75 mm. Na Fig. 3 estão representadas as curvas de compactação do solo *in natura*, nas três energias citadas e as curvas de compactação das misturas solo-cal na energia Proctor normal.

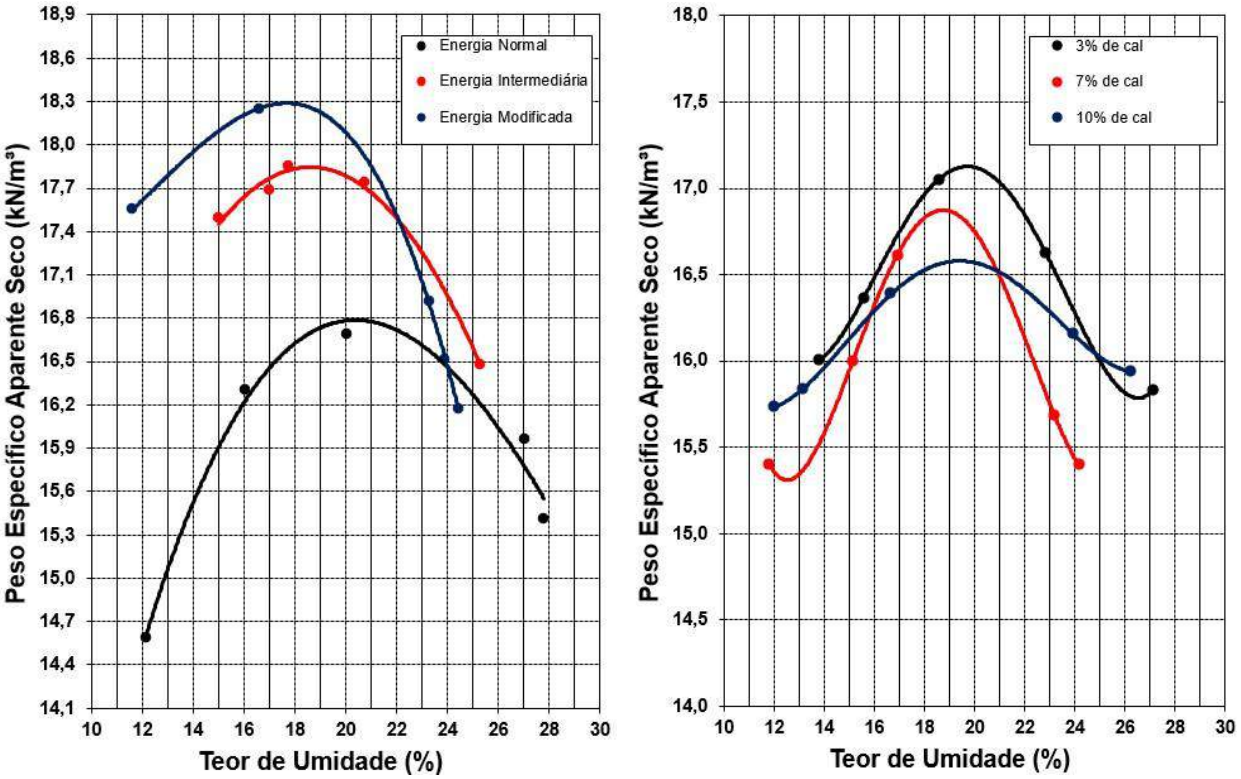



Figura 3. Curvas de compactação do solo *in natura* e das misturas solo-cal

Ainda ao analisar a Fig. 3, é possível visualizar que conforme a energia de compactação foi acrescida, o peso especifico aparente seco do solo foi aumentando, enquanto o teor de umidade sofreu leve queda. Para a compactação da mistura solo-cal, conforme o aumento do teor de cal adicionado no solo, o peso especifico aparente foi reduzindo, sendo que o teor de umidade sofreu algumas variações. Na Tab. 3 são apresentados os valores de peso específico aparente seco máximo e o teor de umidade ótima do solo natural nas três energias Proctor e das misturas S3D, S7D e S10D na energia Proctor normal.

Tabela 3. Resultados da compactação

| Solo/Mistura | Energia de Compactação | Peso específico aparente seco máximo (kN/m³) | Teor de umidade ótima (%) |
|---|---|---|---|
| SD3 | Proctor Normal | 17,2 | 19,8 |
| SD7 | Proctor Normal | 16,8 | 19,0 |
| SD10 | Proctor Normal | 16,6 | 19,3 |
| Solo Natural | Proctor Normal | 16,8 | 20,5 |
| Solo Natural | Proctor Intermediária | 17,8 | 18,9 |
| Solo Natural | Proctor Modificada | 18,3 | 17,6 |

De posse dos dados das compactações realizadas no solo *in natura*, foi realizado o ensaio de Índice de Suporte Califórnia – ISC, nas três energias Proctor, no qual foi possível obter os valores de ISC e de expansão. Na Tab. 4. São demonstrados os valores obtidos para o ensaio supracitado. Com os resultados do ISC, é possível observar que conforme a energia de compactação Proctor aumenta, a expansão diminui e o Índice de Suporte Califórnia aumenta.

Tabela 4. Valores do ensaio de ISC

| Energia de Compactação | Expansão (%) | ISC (%) |
|---|---|---|
| Normal | 1,07 | 8,00 |
| Intermediária | 0,88 | 10,00 |
| Modificada | 0,79 | 23,00 |

### 3.3 Resistência à Compressão Simples

As dimensões dos corpos de prova moldados foram de 10x20cm, sendo compactados no teor ótimo na energia normal, conforme apurado nos ensaios de compactação supracitados, seguindo ainda o especificado na NBR 12024/2012 - Solo – Cimento- Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos- procedimento. Após a compactação, os corpos de provas foram embalados em sacos plásticos vedados, a fim de preservar a umidade ótima de compactação, sendo retirado o ar presente nos mesmos, e em seguida colocados em uma cura úmida, por um período de sete dias.

Foram moldados dois corpos de provas para cada mistura solo-cal e duas amostras de solo natural, totalizando 8 corpos de prova. Após o período de cura, os corpos de prova foram rompidos em uma prensa mecânica, no laboratório de matérias de Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul. Vale salientar que para a retificação dos corpos de prova foram usados anéis de neoprene.

Para determinação dos valores referentes ao ensaio de resistência à compressão simples, adotou-se a média aritmética entre os valores encontrados para os dois corpos de prova moldados para a mesma mistura. Na Tab. 5 são apresentados os valores obtidos por meio do ensaio.

Tabela 5. Resultados dos ensaios de RSC

| Solo/Mistura | RCS (MPa) |
|---|---|
| Solo *in natura* | 0,16 |
| SD3 | 0,22 |
| SD7 | 0,35 |
| SD10 | 0,44 |

Em uma primeira análise aos valores obtidos no ensaio de resistência à compressão, e ao observar a norma do DNIT 143/2010 – ES: Pavimentação de Base de solo-cimento – Especificação de serviço, que diz que para a mistura solo-cimento-cal poder ser utilizada como camada de uma estrutura de um pavimento (base e sub-base), o mesmo deve obter valor superior ou igual à 2,1 MPa, constata-se que o solo estabilizado com cal não poderia ser empregado. Contudo, pode-se verificar que houve um acréscimo da resistência à compressão do solo *in natura*, conforme há um aumento da adição de cal na mistura.

## 4. CONCLUSÕES

O solo analisado e estudado na presente pesquisa é um material siltoso, formado por areias siltosas, com baixa plasticidade, conforme especificado pelos sistemas da SUCS e TBR. Ressalta-se que o solo em análise apresenta características diferentes dos solos encontrados na região do Alto Uruguai (solos oriundos de derrames basálticos). Isto ocorre, segundo Cunha (2010), em regiões íngremes, suscetíveis a erosão e intemperismo da rocha sã, descrição

compatível com o local de coleta das amostras. Os valores de RCS da mistura S3D, aos sete dias, foram superiores aos do solo *in natura*, apresentando uma melhoria nessa propriedade do solo de 37,5%. Já para a mistura S7D houve um aumento de 118,75% da resistência em relação ao solo *in natura*. Quando analisado a mistura S10D, o aumento foi de 175% ao se comparar aos valores de resistência a compressão simples do solo não estabilizado. Apesar das misturas solo-cal não apresentarem valores compatíveis para a aplicação em uma camada de um pavimento rodoviário, é possível constatar que ocorreu melhoria nas propriedades do solo *in natura*.

De acordo com Corteleti (2013), o principal fator de avaliação para o uso da cal como forma de estabilização de um solo, é a sua plasticidade. Quanto mais plástico for o solo, maiores serão os benefícios da estabilização. Ainda, Ingles e Metcalf (1972) dizem que a cal apresenta maiores capacidades de estabilização com solos argilosos. Com base nos autores supracitados, pode-se definir que ocorreu melhoria com a estabilização química com cal para o neossolo litónico em análise, contudo a estabilização não foi significante, devido à baixa porcentagem de argila presente nestes solos, ocasionando na dificuldade de ocorrência das reações pozolânicas.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. NBR 6457**. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **Solo – Análise granulométrica. NBR 7180**. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **Solo-cimento- Dosagem para emprego como camada de pavimento**. **NBR 12253**.

_____. **Solo- cimento – Ensaio de compactação. NBR 12023**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **Solo – Cimento- Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos- procedimento. NBR 12024**. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **Solo – Determinação do limite de liquidez. NBR 6459**. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **Solo – Determinação do limite de plasticidade. NBR 7180**. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **Solo – Ensaio de compactação. NBR 7182**. Rio de Janeiro, 2016.

AZEVEDO, A. L. C. **Estabilização de solos com adição de cal:** Um estudo a respeito da reversibilidade das reações que acontecem no solo após a adição de cal. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado) – Geotecnia de pavimentos, UFOP, Ouro Preto – Mg, 2010.

CHESWORTH. W. (Coord.) **Encyclopedia of Soil Science.** New York: Springer, 2008.

CRISTELO, N. M. C. **Estabilização de solos residuais graníticos através da adição de cal.** 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Guimarães – Pt, 2001. Cap. 2.

CUNHA, N. G. **Estudo de solos do município de Ametista do Sul, RS.** 2. Edição. Pelotas. Editora: Embrapa, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 143/2010 - ES:** Pavimentação: Base de solo-cimento - Especificação de serviço. Rio de Janeiro: 2010.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal – fundamentos e aplicações na Engenharia Civil.** 2. Edição. São Paulo. Editora: Pini, 2002.

INGLES, Owen Graeme; METCALF, John B. **Soil stabilization principles and practice**. 1972.

SOUZA, A. N. de S. **Estudo de mistura solo-cal para base de pavimento rodoviário.** 2014. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília – Df, 2014.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia Civil:

# Hidráulica

# Hidrologia

# Saneamento

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# IDENTIFICAÇÃO DA RECORRÊNCIA DE ENXURRADAS NA REGIÃO FUNCIONAL DE PLANEJAMENTO NOVE NO RIO GRANDE DO SUL

**Jessica Andrade Michel**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
*e-mail: arq.jessicamichel@gmail.com*
**Luciana Londero Brandli**
Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Campus I, Km 171, BR 285, Bairro São José, C. P. 611, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS, Brasil. e-mail: brandli@upf.br
**Rosa Maria Locatelli Kalil**
Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Campus I, Km 171, BR 285, Bairro São José, C. P. 611, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS, Brasil. e-mail: kalil@upf.br

***Resumo.*** *A adaptação das cidades, sejam de grande, médio ou pequeno porte, em relação aos eventos extremos vem sendo um grande desafio. O desenvolvimento da sociedade culminou em urbanizações muitas vezes sem planejamento e com grande concentração da população no meio urbano. Em todo o mundo, esse processo tem aumentado as tensões entre o meio urbano e ambiental, gerando graves consequências para o bem-estar humano e para a eficiência dos sistemas de infraestrutura. Os eventos hidrológicos constituem-se em uma das principais preocupações das cidades da Região Sul do Brasil. As chuvas intensas com grandes acumulados diários ou mensais resultam quase sempre em alagamentos, inundações ou enxurradas no meio urbano, situações que, além de gerarem perdas econômicas, colocam em risco a vida da população. Neste cenário, este artigo busca identificar quais são as cidades da Região Funcional de Planejamento Nove são mais afetadas por eventos hidrológicos e que poderão sofrer ainda mais os impactos negativos das mudanças climáticas.*
***Plavras-Chaves:*** *eventos hidrológicos, mudanças climáticas, enxurradas*

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento da sociedade e a urbanização das cidades sem planejamento urbano adequado e sustentável em todo o planeta, tem aumentado as tensões e o desequilíbrio ambiental, que gera consequências que interferem no bem-estar humano e na sustentabilidade das comunidades globais.

De acordo com Jacobi (2004), o tema políticas públicas tem viabilizado discussões no meio acadêmico, científico e governamental, balizando o planejamento urbano mais sustentável. Associado a esse processo de urbanização desenfreada, está o crescimento populacional em áreas consideradas de risco. Ainda o aumento da população urbana tem corroborado com a expansão de áreas suburbanas e resultando em ambientes urbanos segregados, degradados e com graves problemas ambientais.

A condição biológica humana impõe ao ser humano a necessidade da convivência com os elementos da natureza em seu estado não degradado, pois a vida humana se realiza, particularmente, com dificuldade em condições de ar, água e solo deteriorados e na ausência do relevo e da vegetação (MENDONÇA, 2004).

Moura, Baptista e Barraud (2009) afirmam que ao longo da história da humanidade sempre houve uma ligação entre as cidades e os cursos d'água, sendo estes determinantes para a sua própria existência. A proximidade das aglomerações urbanas e dos rios era importante fator de desenvolvimento, visto que estes proviam água para abastecimento, possibilidades para despejo de resíduos, asseguravam o transporte, a energia e proteção militar, entre outros fatores. (MIGUEZ, REZENDE E VERÓL, 2015).

Porém, a presença humana causou e vem causando muitas perturbações nestes ecossistemas. O processo de urbanização dessas áreas tende a alterar o ciclo hidrológico urbano e os sistemas fluviais tendem a inundar ambientes construídos que antes eram muito mais permeáveis à água da chuva (MIGUEZ; VERÓL, 2016).

No Rio Grande do Sul é possível afirmar que a precipitação média anual no estado varia entre 1200 e 2500 mm por ano (RIO GRANDE DO SUL, 2011). A região Norte do estado possui os mais altos índices pluviométricos anuais, e por consequência sofre todos os anos com danos sociais e econômicos causados pelas chuvas (ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL, 2012). Entre os anos de 1995 e 2014 o Rio Grande do Sul teve um gasto de R$ 1,3 bilhões com infraestrutura afetada por desastres naturais, se somados os valores totais de danos materiais e prejuízos apenas de eventos hidrológicos o montante chega a R$ 6,2 bilhões entre 1995 e 2014.

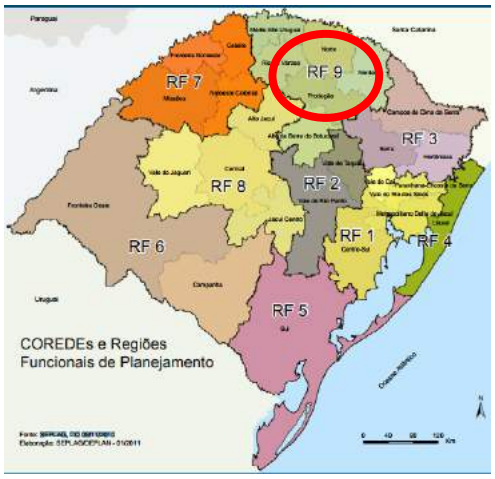
Desta forma é possível constatar que as soluções tradicionais de drenagem urbana não atendem mais às necessidades das regiões urbanizadas, pois transferem os alagamentos de montante para jusante, além de aumentar a velocidade de escoamento da água e a energia de arraste das enxurradas (PBMC, 2016).

## 1.1 Metodologia

Para tanto a área escolhida foi a RF9 das Regiões Funcionais de Planejamento do Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE). Esta regionalização foi definida pelo Estudo RUMOS 2015 (Estudo de desenvolvimento regional e logística de transportes no Rio Grande do Sul), com base em critérios de homogeneidade econômica, ambiental e social, dentre outros critérios.

A área de estudo foi escolhida em por ser constituída de pequenas e médias cidades, e pelo fato de grande parte das pesquisas acadêmicas não abrangerem este tamanho de cidade. Além disso, a Universidade de Passo Fundo está localizada nesta região, e possui muita influência sobre a mesma, podendo ser determinante na melhoria da qualidade das cidades e da população através das pesquisas acadêmicas realizadas na instituição.

Figura 1: Regiões Funcionais de Planejamento do estado do Rio Grande do Sul




Fonte: SEPLAN - Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2017

Figura 2: Região Funcional de Planejamento Nove e Bacias hidrográficas

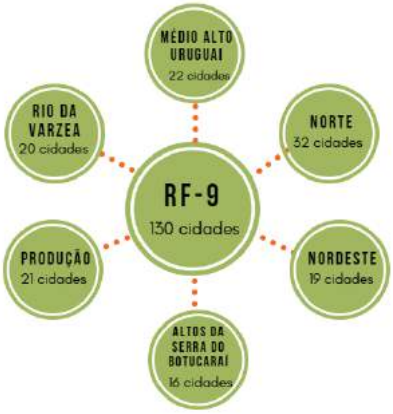
Bacias hidrográficas ▬ RF9

Fonte: Elaborado pela Autora com base na Fepam, 2018.

Nota-se que a área de estudo abrange 6 bacias hidrográficas, sendo elas: Bacia do Rio da Várzea, Bacia do Rio Passo Fundo, Bacia dos Rios Apuê e Inhandava, Bacia dos Rios Taquarí e das Antas, Bacia do Rio Pardo e Bacia do Rio Jacuí. As Bacias dos Rios da Várzea, Passo Fundo, Apuê e Inhandava pertencem a região hidrográfica do Uruguai, as Bacias dos Rios Jacuí, Pardo, Taquarí e das Antas, pertencem a região hidrográfica do Guaíba.

Alguns municípios integrantes da região funcional de planejamento nove tem seus limites municipais constantes em duas ou até três bacias hidrográficas, por este motivo optou-se por apresentar os dados dos municípios por Coredes, pois estes são divididos por municípios.

Figura 3: Divisão da Região Funcional de Planejamento Nove e número de municípios por COREDE




Fonte: Adaptado Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2017.

Para seleção dos municípios que foram caracterizados, foi utilizado o critério das cidades com maior ocorrências de desastres hidrológicos. O procedimento adotado foi inicialmente fazer o levantamento de dados sobre desastres hidrológicos disponíveis para consulta, sendo obtidos dados sobre ocorrência de enxurradas do ano de 1991 até 2017.

Todos os dados foram obtidos no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, volume Rio Grande do Sul, e no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (BRASIL, 2013; BRASIL, 2017). Sendo assim, somente as ocorrências registradas pelo sistema nacional de proteção e defesa civil foram utilizadas.

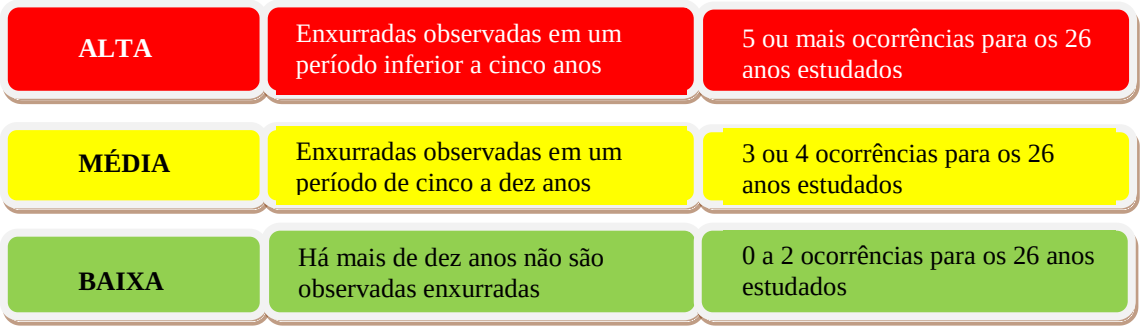
Todas as 130 cidades da RF9 foram agrupadas nos seus respectivos COREDES e organizadas em tabelas, nas quais foram inseridos os registros das enxurradas nos 26 anos estudados.

O procedimento para seleção das cidades adaptou a metodologia de classificação da recorrência de inundações estabelecida no Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (BRASIL, 2014). Ao levantar os dados foi possível concluir que o número de enxurradas é maior em relação às inundações, motivo pelo qual a classificação ocorreu em relação à recorrência de enxurradas e não de inundações.

Esta metodologia classifica os municípios com alta, média e baixa recorrência de enxurradas conforme o número de eventos registrados. A adaptação da metodologia e os intervalos utilizados para a classificação são demonstrados na figura 4.

Em função da disponibilidade dos dados o período da pesquisa foi de 26 anos, e a classificação de alta recorrência ocorre quando o município apresentou cinco ou mais enxurradas no período estudado. Para o caso da média recorrência foram consideradas as cidades que apresentaram três ou quatro ocorrências. Já para a cidade com baixa recorrência foi considerado de zero até dois eventos nos anos estudados.

Figura 4: Números para classificação da recorrência de enxurradas




Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de vulnerabilidade a inundações, 2014.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos quadros a seguir, divididos por Coredes, são apresentadas as ocorrências de enxurrada dos anos de 1991 até 2017. Conforme a metodologia adotada, os municípios com mais de 5 eventos no período estudado foram considerados com alta recorrência de enxurradas. Com intuito de facilitar a visualização dos municípios classificados como de alta recorrência, estes são apresentados de forma destacada.

Quadro 1: Eventos hidrológicos registrados entre 1991 e 2017

| COREDE PRODUÇÃO | TOTAL | COREDE NORTE | TOTAL | COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| MUNICÍPIO | | MUNICÍPIO | | MUNICÍPIO | |
| Almirante Tamandaré do Sul | 6 | Aratiba | 1 | Alpestre | 4 |
| Camargo | 1 | Áurea | 2 | Ametista do Sul | 5 |
| Carazinho | 4 | Barão do Cotegipe | 3 | Caiçara | 5 |
| Casca | 9 | Barra do Rio Azul | 5 | Cristal do Sul | 4 |
| Ciríaco | 4 | Benjamin Constant do Sul | 2 | Dois Irmãos das Missões | 0 |
| Coqueiros do Sul | 2 | Campinas do Sul | 1 | Erval Seco | 5 |
| Coxilha | 1 | Carlos Gomes | 0 | Frederico Westphalen | 2 |
| David Canabarro | 2 | Centenário | 4 | Gramado dos Loureiros | 1 |
| Ernestina | 3 | Charrua | 5 | Iraí | 7 |
| Marau | 2 | Cruzaltense | 4 | Nonoai | 6 |
| Mato Castelhano | 1 | Entre Rios do Sul | 2 | Novo Tiradentes | 6 |
| Muliterno | 0 | Erebango | 1 | Palmitinho | 3 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nova Alvorada | 6 | Erechim | 2 | Pinhal | 5 |
| Passo Fundo | 0 | Erval Grande | 3 | Pinheirinho do Vale | 2 |
| Pontão | 3 | Estação | 4 | Planalto | 5 |
| Santo Antônio do Palma | 2 | Faxinalzinho | 0 | Rio dos Índios | 2 |
| Santo Antônio do Planalto | 1 | Floriano Peixoto | 0 | Rodeio Bonito | 4 |
| São Domingos do Sul | 2 | Gaurama | 3 | Seberi | 6 |
| Vanini | 6 | Getúlio Vargas | 1 | Taquaruçu do Sul | 5 |
| Vila Maria | 4 | Ipiranga do Sul | 0 | Trindade do Sul | 3 |
| | | Itatiba do Sul | 2 | Vicente Dutra | 5 |
| | | Jacutinga | 4 | Vista Alegre | 5 |
| | | Marcelino Ramos | 4 | | |
| | | Mariano Moro | 1 | | |
| | | Paulo Bento | 0 | | |
| | | Ponte Preta | 1 | | |
| | | Quatro Irmãos | 2 | | |
| | | São Valentim | 3 | | |
| | | Sertão | 4 | | |
| | | Severiano de Almeida | 2 | | |
| | | Três Arroios | 4 | | |
| | | Viadutos | 6 | | |

Quadro 2: Eventos hidrológicos registrados entre 1991 e 2017

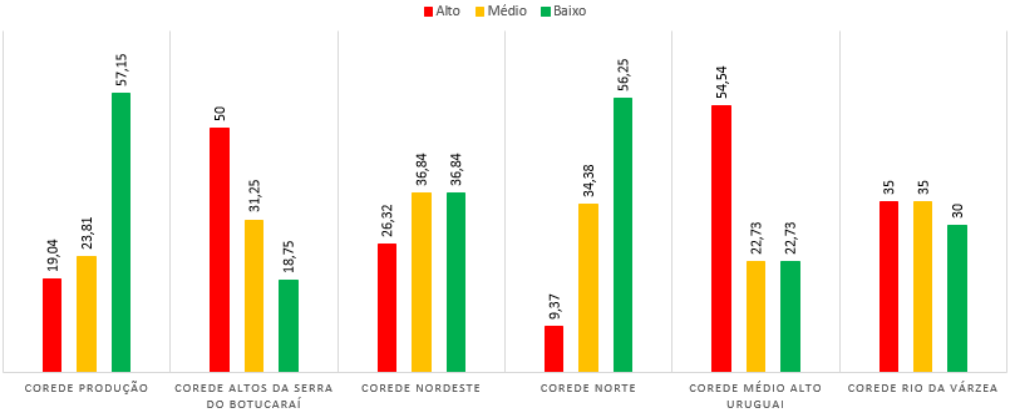
| **COREDE ALTOS DA SERRA DO BOTUCARAÍ** | **TOTAL** | **COREDE NORDESTE** | **TOTAL** | **COREDE RIO DA VÁRZEA** | **TOTAL** |
|---|---|---|---|---|---|
| **MUNICÍPIO** | | **MUNICÍPIO** | | **MUNICÍPIO** | |
| Alto Alegre | 2 | Água Santa | 7 | Barra Funda | 1 |
| Barros Cassal | 5 | Barracão | 4 | Boa Vista das Missões | 4 |
| Campos Borges | 1 | Cacique Doble | 4 | Cerro Grande | 5 |
| Espumoso | 9 | Capão Bonito do Sul | 0 | Chapada | 3 |
| Fontoura Xavier | 11 | Caseiros | 1 | Constantina | 5 |
| Gramado Xavier | 5 | Ibiaçá | 0 | Engenho Velho | 4 |
| Ibirapuitã | 7 | Ibiraiaras | 3 | Jaboticaba | 5 |
| Itapuca | 4 | Lagoa Vermelha | 0 | Lajeado do Bugre | 4 |
| Jacuizinho | 5 | Machadinho | 4 | Liberato Salzano | 5 |
| Lagoão | 5 | Maximiliano de Almeida | 4 | Nova Boa Vista | 2 |
| Mormaço | 4 | Paim Filho | 5 | Novo Barreiro | 6 |
| Nicolau Vergueiro | 4 | Sananduva | 2 | Novo Xingu | 2 |
| São José do Herval | 4 | Santa Cacília do Sul | 1 | Palmeira das Missões | 4 |
| Soledade | 8 | Santo Expedito do Sul | 5 | Ronda Alta | 5 |
| Tio Hugo | 1 | São João da Urtiga | 3 | Rondinha | 1 |
| Victor Graeff | 4 | São José do Ouro | 7 | Sagrada Família | 3 |
| | | Tapejara | 5 | São José das Missões | 3 |
| | | Tupanci do Sul | 0 | São Pedro das Missões | 2 |
| | | Vila Lângaro | 3 | Sarandi | 7 |
| | | | | Três Palmeiras | 1 |

Ao final da análise dos eventos hidrológicos, foi identificado que 39 dos 130 municípios integrantes da região funcional de planejamento nove, apresentam alta recorrência de enxurradas.

Analisando os valores obtidos é possível constatar que o Corede Médio Alto Uruguai é o que possui mais cidades com níveis altos de recorrência de enxurradas, chegando a um total de 12 cidades o que representa 54,54% dos municípios integrantes deste Corede com pelo menos cinco ocorrências no somatório dos períodos estudados. O Corede

Médio Alto Uruguai é seguido pelo Corede Altos da Serra do Botucaraí, que apresenta 50% de seus municípios com alta recorrência de enxurradas.

Figura5: Porcentagem de enxurradas conforme classificação de recorrência por Corede

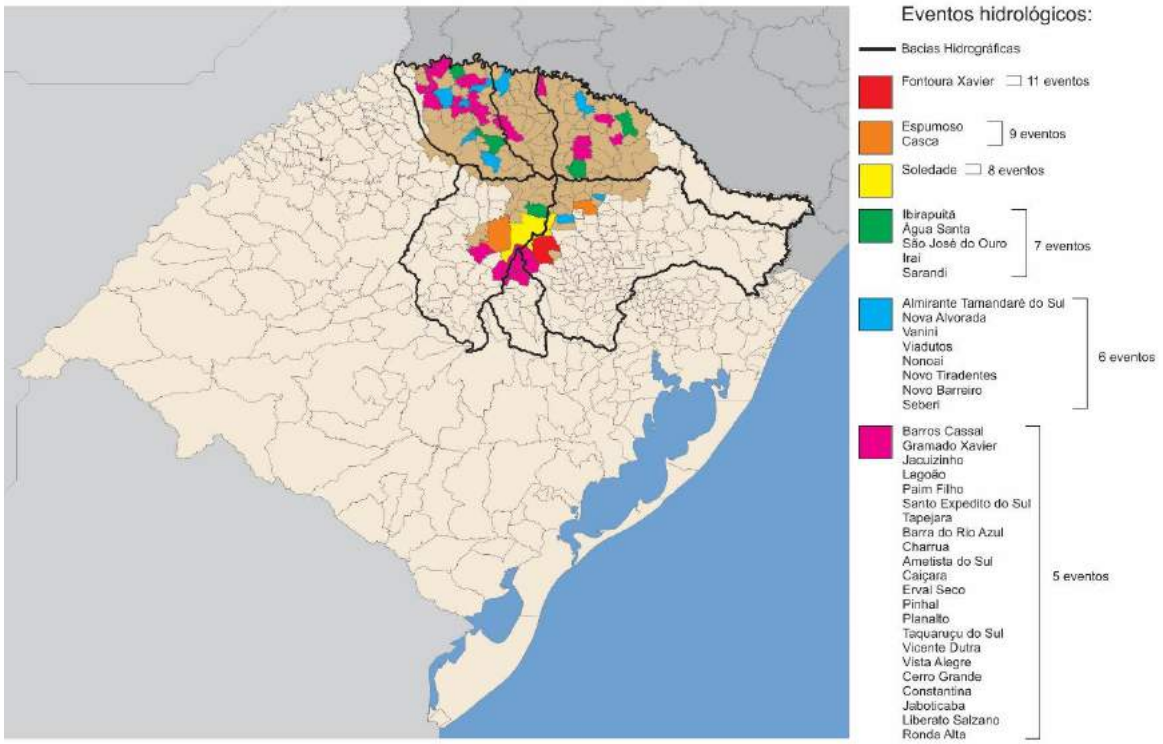



Fonte: Elaborado pelas autoras com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul, 2013; Sistema integrado de informações sobre desastres, 2017.

Na figura 6 são apresentadas as localizações dos 39 municípios identificados como alta recorrência de enxurradas em relação a região funcional de planejamento nove. Para elaboração da imagem os municípios foram divididos por cores conforme número de eventos hidrológicos apresentado. Pode-se observar que em alguns pontos da área de estudo há uma aglomeração dos municípios conforme a ocorrência dos eventos hidrológicos e a localização do município.

Com relação as bacias hidrográficas notam-se que a área de estudo engloba seis bacias hidrográficas, pertencentes as regiões hidrográficas do Uruguai e do Guaíba, também observa-se que alguns municípios pertencem a duas ou até três bacias hidrográficas diferentes.

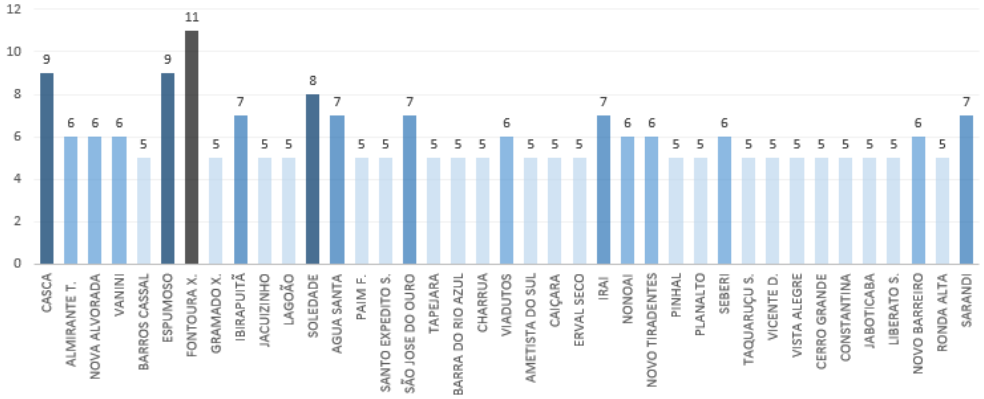
Figura 6: Localização dos municípios em relação a RF-9, o Rio Grande do Sul, e Bacias hidrográficas




Fonte: Elaborado pelas autoras com base nos resultados obtidos

A figura 7 apresenta os municípios classificados separadamente identificando o número de ocorrências no período estudado.

Figura 7: Número de eventos hidrológicos nas cidades classificadas




Fonte: Elaborado pela autora com base nos resultados obtidos

## 3. CONCLUSÕES

Com o resultado do estudo conclui-se que são necessárias medidas estruturantes e não estruturante a nível regional, de forma que estas possam contribuir para a minimização dos impactos negativos causados por eventos hidrológicos nas cidades que apresentaram alta recorrência de enxurradas. A mudança climática também se constitui fator de preocupação, pois pode agravar a situação dos municípios mais vulneráveis a ocorrência de enxurradas, como também pode intensificar a ocorrência desses eventos em municípios que hoje são classificados com média e baixa recorrência.

## 4. REFERENCIAS

Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013 / Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2014. “Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres”. – Brasília: CENAD.

Atlas climático da região Sul do Brasil, 2012: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul / Marcos Silveira Wrege et. a., editores técnicos. - Brasília, DF: Embrapa.

Brasil, 2014. Agência Nacional de águas. Ministério do Meio Ambiente. “Atlas de Vulnerabilidade a Inundações”. Brasília: Gevec/sum. 20 p. Disponível em: <file:///C:/Users/Hp-pc/Downloads/Atlas_de_Vulnerabilidade_a_Inundaes (1).pdf>. Acesso em: 01 maio 2018.

Brasil, 2017. Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres. Ministério da Integração Nacional. “Relatório Gerencial - Reconhecimentos Realizados”. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>. Acesso em: 05 maio 2018.

Jacobi, Pedro, 2004. Riscos ambientais urbanos - o que está em jogo? In: MENDONÇA, Francisco (Org.). “Impactos Socioambientais Urbanos”. Curitiba: Editora UFPR, p. 169-184.

Mendonça, Francisco, 2004. S.A.U.- Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade In: MENDONÇA, Francisco (Org.). “Impactos Socioambientais Urbanos”. Curitiba: Editora UFPR, p. 185-207.

Miguez, Marcelo et al, 2015. “Urban Floods in Lowlands—Levee Systems, Unplanned Urban Growth and River Restoration Alternative: A Case Study in Brazil”. Sustainability, [s.l.], v. 7, n. 8, p.11068-11097, MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/su70811068.

Miguez, Marcelo G; Veról, Aline P, 2016. “A catchment scale Integrated Flood Resilience Index to support decision making in urban flood control design”. Environment And Planning B: Urban Analytics and City Science, [s.l.], v. 44, n. 5, p.925-946, SAGE Publications. http://dx.doi.org/10.1177/0265813516655799.

Moura, Priscilla Macedo; Baptista, Márcio Benedito; Barraud, Sylvie, 2009. “Avaliação multicritério de sistemas de drenagem urbana”. Rega - Revista de Gestão de Água da América Latina, Porto Alegre, v. 6, p.31-42.

PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

Rio Grande do Sul, 2011. Sema. Fepam (Org.). “PACE/RS – Plano Ar Clima Energia do Rio Grande do Sul”. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/Documentos_e_PDFs/RELATORIO_PACE_FINAL.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O (s) autor (es) é (são) o único responsável pelo material impresso incluído neste documento.

CONIGTI

# Engenharia Civil:

# Mecânica dos Sólidos

# Estruturas

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS RESISTÊNCIAS DO BLOCO E DO GRAUTE NA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCO ESTRUTURAL CERÂMICO

**Amanda Marilia Scheuchuk**
**Gilson Francisco Paz Soares**
URI Erechim, RS 331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil
schk_amanda@hotmail.com, gilsonfps@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Conhecido por ser um método racionalizado de construção civil, a alvenaria estrutural tem como principais objetivos acabar com o desperdício, eliminar resíduos e diminuir o tempo e o custo da obra. Apesar de ser um método muito antigo, ainda há muito a se explorar cientificamente, uma vez que os materiais utilizados na confecção da parede de alvenaria estrutural, bem como seus locais e processos de fabricação, exercem influência direta na resistência mecânica da mesma. Neste contexto, o presente trabalho analisou como a resistência à compressão de prismas compostos por dois blocos estruturais cerâmicos pode ser influenciada pela resistência do bloco e também pela resistência do graute. Após todos os ensaios realizados, tanto para caracterização dos materiais, quanto para verificação da resistência à compressão dos prismas, foi possível concluir que os materiais utilizados na região de Erechim – RS acusam a influência da resistência do bloco, uso do graute e resistência do graute na resistência do prisma e, consequentemente, na parede de alvenaria estrutural; é necessário ainda um estudo mais aprofundado para se identificar uma curva convergente que mostre até que níveis o aumento da resistência o graute pode exercer uma influência benéfica, ou seja, viável técnica e economicamente, no aumento de resistência da parede, para diferentes resistências de blocos. Cabe ainda a ressalva de que os resultados obtidos neste trabalho são válidos para as condições locais e para as características dos blocos e das argamassas nele utilizadas.*

***Palavras chave.*** *Alvenaria estrutural. Resistência à compressão de prismas. Resistência do bloco. Resistência do graute.*

## 1. INTRODUÇÃO

Conhecido por ser um método de otimização na construção civil, a alvenaria estrutural tem como objetivo acabar com o desperdício, eliminar resíduos, diminuir o tempo e o custo da obra. Consiste em blocos cerâmicos ou de concreto que abrangem além da função de vedação também a função estrutural. São assentados com argamassa de assentamento e contra fiados entre si, grauteados nas amarrações e nas vergas e contra vergas para dar sustentação às armaduras. As vigas e pilares são eliminados nesse tipo de construção. As forças deixam de ser transferidas por esses elementos até a fundação e passam a ser suportadas pelas paredes que possuem função estrutural, e então para as fundações, que serão projetadas de acordo com as cargas que devem suportar e o tipo de solo no qual irão ser implantadas. Conforme Izquierdo (2015), o Brasil ainda não é totalmente entregue à alvenaria estrutural, principalmente por se tratar de uma cultura conservadora em alguns pontos, porém com a grande busca por racionalização e economia, está em crescimento constante a procura pelo método construtivo que promete atender as necessidades financeiras do empreendedor. Sendo assim, nota-se que cada vez mais a técnica venha ser difundida, no intuito de adequação principalmente ao período econômico em que se vive.

Neste contexto, o presente trabalho, visando contribuir para um melhor entendimento desta técnica construtiva, tem como objetivo analisar como a resistência à compressão do prisma pode ser influenciada pelas resistências da unidade cerâmica (bloco) e do graute.

## 2. INFLUÊNCIA DAS RESISTÊNCIAS DO BLOCO E DO GRAUTE NA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCO ESTRUTURAL CERÂMICO

Para o estudo em questão foram analisados alguns trabalhos a respeito do tema, descritos na sequência.

Mendes (1998) descreveu o comportamento de prismas de blocos estruturais cerâmicos grauteados e não grauteados submetidos ao ensaio de compressão axial simples. Para sua pesquisa, utilizou blocos cerâmicos fabricados na região do estado de Santa Catarina, com espessura das paredes de 25 mm, sua geometria era composta ainda de um septo central

com dois furos verticais. Conforme ensaio de compressão axial simples realizado com os blocos saturados e capeados com nata de cimento, baseado na NBR 6461 (1983), os blocos apresentaram resistência à compressão média de 22,89 MPa na área bruta e 43,73 MPa na área líquida, o autor afirmou que o graute mais econômico e de resistência menor, foi de fato o responsável pelos melhores resultados com ambas as resistências de argamassa.

O trabalho de Grohmann (2006) teve como foco analisar prismas de blocos estruturais cerâmicos grauteados, parcialmente grauteados e não grauteados e apresentar suas respectivas resistências, concluiu que só haverá eficiência na utilização de grauteamento parcial da alvenaria se houver compatibilização na dosagem do traço do graute e da argamassa com as características mecânicas do bloco, pois constatou que o aumento de resistência do graute não necessariamente gera aumento na resistência do prisma. Nos prismas parcialmente grauteados houve um pequeno aumento de resistência com o aumento da resistência do graute, porém em prismas completamente preenchidos por graute foi observado uma queda de resistência com resistência mais elevada do graute e argamassa mais fraca.

Logullo (2006) estudou a combinação de blocos estruturais de concreto de duas resistências médias de 8,64 e 15,67 MPa, um tipo apenas de argamassa com traço (1: 0,5: 4,5), graute de duas resistências variadas (17 e 30 MPa) e posteriormente analisou a implementação de três diferentes taxas de armaduras: 0,15, 0,40 e 1,00% da área bruta dos prismas. Após os ensaios a autora constatou que o grauteamento praticamente dobrou a resistência do prisma grauteado, contudo o aumento não foi proporcional à relação efetiva de áreas.

## 3. METODOLOGIA

Com o trabalho definido como de caráter experimental e, a partir de seu plano e matriz experimental, são expostos em seguida os materiais e normas utilizados.

### 3.1 Plano experimental

Com base na Figura 1, é reconhecido que os fatores controláveis do presente trabalho são: a resistência do bloco, resistência da argamassa, espessura da argamassa e resistência do graute. Mas dentre estes itens cabe salientar que somente a resistência de bloco e o preenchimento ou não de graute são estudados como sendo fatores que influenciam a resistência do prisma (variável de resposta).

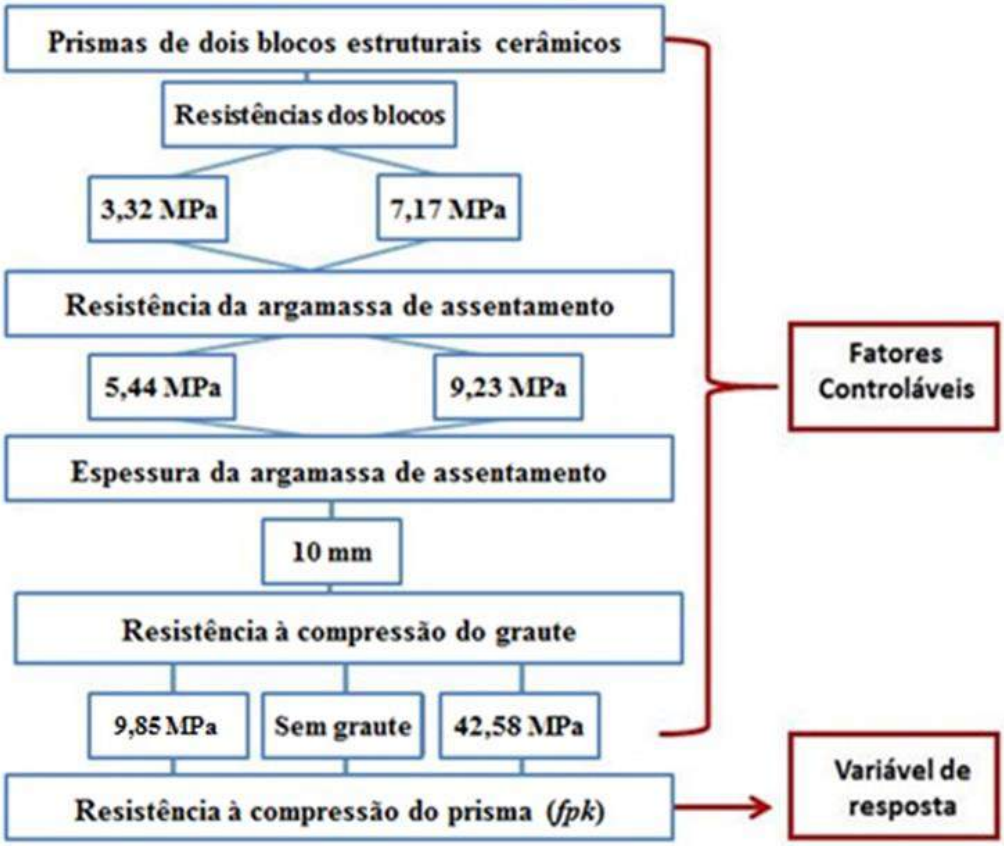



Figura 1. Programa experimental

### 3.2 Matriz experimental

A Tabela 1 apresenta a matriz experimental, montada a partir dos dados obtidos através de ensaios laboratoriais de caracterização dos componentes dos prismas. Essa matriz é composta pela combinação da resistência do bloco, da argamassa e do graute, do número de amostras, bem como dos dias necessários para a cura dos prismas antes de sua ruptura.

Tabela 1. Matriz experimental

| Fatores controláveis | | | | | | Variável de Resposta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Combinações | Resistência do Bloco (*Fbk*) [MPa] | Resistência da argamassa [MPa] | Espessura da argamassa [mm] | Resistência do graute [MPa] | Número de amostras | Cura [dias] |
| 1 | 3,32 | 5,44 (164% em relação ao *fbk*) | 10 | - | 6 | 28 |
| 2 | | | | 9,85 | 6 | |
| 3 | | | | 42,58 | 6 | |
| 4 | 7,17 | 9,23 (129% em relação ao *fbk*) | | - | 6 | |
| 5 | | | | 9,85 | 6 | |
| 6 | | | | 42,58 | 6 | |

### 3.3 Materiais

Os materiais utilizados no presente trabalho foram:

#### 3.3.1 Bloco cerâmico estrutural

Os blocos utilizados no presente trabalho se tratam de blocos estruturais cerâmicos vazados, de duas diferentes resistências, utilizados no município de Erechim – RS e região. Foram determinadas as suas características geométricas e físicas, bem como determinada a sua resistência característica à compressão através de ensaios de caracterização mecânica, de acordo com a NBR 15270-3 (2005).

#### 3.3.2 Argamassa de assentamento

Para a confecção dos prismas, foi utilizada a argamassa de assentamento industrializada indicada para o assentamento de blocos estruturais, caracterizada conforme a NBR 13279 (2005).

#### 3.3.3 Graute

Para caracterização dos grautes, foram produzidos 6 corpos de prova cilíndricos de concreto nas dimensões de 10cm x 20 cm para a resistência de 42,58 MPa (traço 1:1,22:1,50) com adição de 10 % de sílica ativa e 6 corpos de prova de mesma dimensão para o graute de 9,85 MPa ( traço 1:3,25:3,50), que após 28 dias de cura na câmara úmida, passaram por ensaio de compressão axial na prensa hidráulica a pêndulo, modelo PC200CS da marca EMIC com capacidade máxima de 2000 KN ( mesma utilizada para os ensaios dos blocos, argamassas e prismas), conforme a NBR 5738 (2015).

#### 3.3.4 Prismas

Os prismas foram compostos de duas unidades de blocos, argamassa de assentamento e preenchidos ou não com graute, conforme apresentado na matriz experimental. O ensaio foi regido pela NBR 15812-2 (2010), com 6 prismas moldados para cada combinação, totalizando 36 prismas. Os mesmos receberam capeamento e permaneceram na câmara úmida por 28 dias para passar pelo processo de cura e, posteriormente, pelo ensaio de compressão axial. A carga aplicada foi de 0,05 MPa (tolerância de ± 0,01) até a ruptura. Na Figura 2 é apresentado o momento da ruptura de um prisma sem graute, e outro com graute.

a) sem graute b) com graute

Figura 2. Ruptura dos prismas estruturais cerâmicos

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os blocos passaram por caracterização geométrica, física e mecânica. Os grautes passaram por caracterização mecânica para conhecimento de sua resistência à compressão e também foram caracterizados todos os materiais utilizados em sua fabricação (areia, pedra, cimento e sílica ativa). As argamassas, além do ensaio a compressão, passaram também pelo teste de tração na flexão, confirmando por meio destes ensaios que os materiais estavam aptos a serem utilizados na confecção dos prismas. Na figura 3 é apresentado o gráfico para análise comparativa.

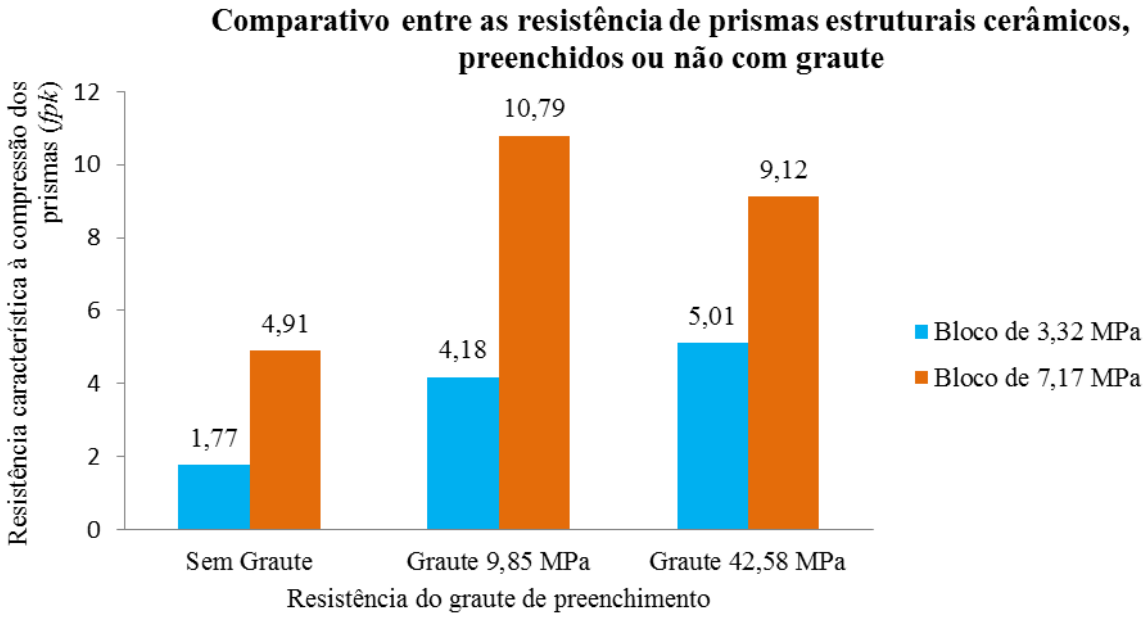



Figura 3. Influência das resistências do bloco e do graute na resistência de prismas de bloco estrutural cerâmico

O gráfico mostra os valores das resistências características dos prismas (*fpk*) confeccionados com blocos de diferentes resistências, sem graute e com graute também de diferentes resistências, permitindo fazer uma análise acerca da influência das resistências do bloco e do graute na resistência de prismas de bloco estrutural cerâmico. Tal análise permite fazer as seguintes observações:

### 4.1 Influência da resistência do bloco na resistência do prisma sem e com graute

#### 4.1.1 Prisma sem graute

Neste caso, sem grauteamento, houve uma redução de 46,7% na resistência do prisma em relação à resistência da unidade, no caso em que foi utilizado bloco de *fbk* = 3,32 MPa. Já em relação ao bloco de maior resistência (*fbk* = 7,17 MPa) esta redução de resistência do prisma foi de 31,5%. Observa-se que a maior queda de resistência ocorreu no prisma com bloco menos resistente.

#### 4.1.2 Prisma com o graute de resistência 9,85 MPa

Houve um ganho de 25,9% na resistência do prisma com graute de resistência 9,85 MPa em relação à resistência da unidade, no caso do bloco de *fbk* = 3,32 MPa, e um ganho de 50,5% no caso do bloco de 7,17 MPa. Percebe-se que o maior ganho de resistência ocorreu no prisma de bloco mais resistente.

#### 4.1.3 Prisma com graute de resistência 42,58 MPa

Com o uso do graute mais resistente (42,5 MPa) houve um ganho de 53,6% na resistência do prisma em relação à resistência da unidade, no caso do bloco de *fbk* = 3,32 MPa, e um ganho de 27,2% no caso do bloco de 7,17 MPa. Percebe-se, neste caso, ao contrário do que ocorreu com o graute menos resistente, que o maior ganho de resistência ocorreu no prisma de bloco menos resistente.

### 4.2 Influência da resistência do graute na resistência do prisma

Com o uso do graute foi possível observar que houve um ganho na resistência do prisma em relação à resistência do bloco, para os dois tipos de bloco e também para os dois tipos de graute. Vale lembrar que, no caso em que não houve o uso do graute, a resistência do prisma foi menor que a resistência do bloco, em ambos os tipos de blocos.

Com o aumento na resistência do graute, de 9,85 MPa para 42,5 MPa, ocorreu um ganho de resistência no prisma com bloco menos resistente e uma perda de resistência no prisma com bloco mais resistente. Ou, de outra forma, no caso dos valores analisados, o aumento na resistência do graute gerou um efeito benéfico (aumento na resistência do prisma) nos prismas de blocos menos resistentes, enquanto que nos prismas de bloco mais resistente, houve uma redução na sua resistência. Tal fato pode ser um indício de que há faixas (limites) de valores de resistência do graute que geram efeito benéfico ou não na resistência do prisma, em função da resistência do bloco.

### 4.3 Comparação entre a eficiência dos dois grautes em relação à resistência do prisma

Comparando a influência dos dois tipos de graute na resistência dos prismas, sem considerar a resistência dos blocos, observou-se pouca influência. Nos prismas com blocos de *fbk* = 3,32 MPa o graute de 9,85 MPa gerou uma resistência caraterística *fpk* de 4,18 MPa no prisma. Quando a resistência do graute foi elevada para 42,58 MPa, esta resistência foi para *fpk* = 5,1 MPa (aumento de 22%). Nos prismas com blocos de *fbk* = 7,17 MPa o graute de 9,85 MPa gerou uma resistência caraterística fpk de 10,79 MPa no prisma. Quando a resistência do graute foi elevada para 42,58 MPa, esta resistência foi para *fpk* = 9,12 MPa (redução de 15%). Isto evidencia que, embora houvesse um grande aumento na resistência do graute , o efeito gerado na resistência do prisma, seja de aumento ou redução, foi muito inferior proporcionalmente (15% e 22%), evidenciando também que pode haver limites de valores de resistência do graute que geram efeito benéfico ou não na resistência do prisma, independente da resistência do bloco.

Por fim, de uma forma geral, a análise dos resultados permite constatar que houve um aumento significativo na resistência dos prismas preenchidos com graute, como já apontara Logullo (2006), mas que também deve haver uma compatibilização entre os materiais utilizados e suas resistências de acordo com o que foi destacado pelos estudos de Grohmann (2006).

## 5. CONCLUSÕES

No presente trabalho analisou-se como a resistência à compressão de prismas compostos por dois blocos estruturais cerâmicos pode ser influenciada pela resistência do bloco e também pela resistência do graute. Após todas as análises dos resultados foi possível concluir que:

- no que se refere aos blocos utilizados, pode-se dizer que suas caracterizações geométrica, física e mecânica mostraram serem os mesmos aptos a serem utilizados;
- quanto à argamassa de assentamento industrializada, utilizada para confecção dos prismas, os índices de consistência foram adequados e as resistência à compressão possibilitaram as confecções dos prismas;

- com referência aos concretos produzidos para o grauteamento, foram utilizados cimento, agregado miúdo e graúdo adequados, de acordo com os testes de caraterização, bem como a resistência obtida considerada como esperada, muito próxima da planejada;
- com relação aos ensaios de ruptura dos prismas com e sem graute, a grande constatação do presente trabalho foi que, de fato, os materiais utilizados na região de Erechim – RS acusam a influência dos fatores resistência do bloco (3,32 MPa e 7,17 MPa), uso do graute e resistência do graute (9,85 MPa e 42,58 MPa) na resistência do prisma e, consequentemente, na parede de alvenaria estrutural. No entanto, a constatação mais importante foi de que é necessário um estudo mais profundo no sentido de se identificar uma curva convergente que mostre até que níveis o aumento da resistência o graute pode exercer uma influência benéfica, ou seja, viável técnica e economicamente, no aumento de resistência da parede, para diferentes resistências de blocos.

Finalizando, cabe ainda a ressalva de que os resultados obtidos neste trabalho são válidos para as condições locais e para as características dos blocos e das argamassas nele utilizadas.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2010. Alvenaria estrutural – blocos cerâmicos – execução e controle de obras. NBR 15812:2. Rio de Janeiro: ABNT.

____. NBR13279, 2005. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT.

____. NBR 15270:3, 2005. Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT.

____. NBR 5738, 2015. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT.

Grohmann, L. Z., 2006. *Análise do comportamento de prismas grauteados de alvenaria estrutural cerâmica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Izquierdo, O. S., 2015. *Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural*. Tese (Doutorado em Ciências, programa de engenharia), Universidade de São Paulo, São Carlos.

Logullo, B. G., 2006. *Influência do graute e da taxa de armadura no comportamento da alvenaria de bloco de concreto*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), UNESP, Ilha Solteira.

Mendes, R. J. K., 1998. *Resistência à compressão de alvenarias de blocos cerâmicos estruturais*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores declaram-se os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROGRAMAÇÃO DO ELEMENTO FINITO QUADRANGULAR Q4 PARA ELASTICIDADE BIDIMENSIONAL LINEAR NO SISTEMA MSBFEA

**Leandro Lucas Dias**
**Tancredo Westphal Junior**
Universidade Regional Integrada - URI, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99714-899, Erechim, RS.
leandro.ludias@gmail.com.br, tancredo@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este trabalho consiste no estudo e implementação do Método dos Elementos Finitos (MEF) em linguagem de programação Maple para resolver problemas da elasticidade bidimensional (2D) usando o elemento quadrangular Q4 (quadrilátero linear de quatro nós). São apresentadas as equações que descrevem o comportamento do elemento finito Q4, que foi programado e inserido no sistema MSBFEA (Maple System Based Finite Element Analysis), que é uma plataforma destinada à simulação numérica pelo MEF em desenvolvimento no Departamento de Engenharia Mecânica da URI/Erechim, onde já estão programados outros tipos de elementos finitos. O MSBFEA é composto de quatro módulos: Pré-Processador, Processador, Pós-Processador e Relatório Técnico. Para o Pré-Processamento foi adaptado um algoritmo para geração automática de malha em domínios retangulares. A modelagem dos problemas para análise pelo MEF é feita através de Maplets, janelas de interface comunicando o programa em linguagem Maple com o operador do programa, com as informações sobre os problemas analisados e seus resultados armazenados em arquivos em formato texto, que são lidos pelos módulos subsequentes. São apresentados três projetos, e os resultados obtidos levam à conclusão de que o código elaborado está em concordância com a bibliografia utilizada.*

***Palavras Chave:*** *Método dos Elementos Finitos, Programação em Linguagem Maple, Elasticidade Linear Bidimensional, Elemento Quadrangular Q4, MSBFEA.*

## 1. INTRODUÇÃO

Para problemas da elasticidade bidimensional (2D) linear isotrópica soluções analíticas são possíveis apenas para geometrias simples e condições de carregamento e vinculação particulares. Para a maior parte dos problemas práticos torna-se necessário a aplicação de técnicas de aproximação numérica. O Método dos Elementos Finitos (MEF) é a ferramenta mais efetiva para resolver problemas oriundos da teoria da elasticidade. São considerados problemas de Estado Plano de Tensões (EPT), e Estado plano de Deformações (EPD).

Para a resolução de problemas matemáticos complexos pode ser convenientemente usado um programa de Computação Algébrica e Simbólica (CAS), com todos os elementos básicos da programação computacional, podendo ser facilmente aprendidos dentro de seu ambiente interativo. Para a programação do MEF a linguagem Maple é perfeitamente adequada para sua implementação, dispondo de uma vasta biblioteca para a criação e manipulação de matrizes e vetores, disponíveis na biblioteca própria *LinearAlgebra*. Neste trabalho é usada a notação indicial com a convenção de soma de Einstein.

O elemento finito que se visa implementar é o elemento quadrangular Q4, de quatro nós e quatro lados, mostrado na Figura 1, que é assumido contínuo, de pequena espessura constante $t$ na direção perpendicular ao plano. A numeração dos nós é ordenada no sentido anti-horário no plano. Cada nó tem dois graus de liberdade (GDL). Como o elemento tem 4 nós, o mesmo tem 8 GDL (BUDYNAS, 1999).

Para realizer a programação foram consultadas referências relativas a este elemento, que possibilitaram programação do algoritmo para efetuar os cálculos necessários. Esta codificação feita em linguagem Maple e mediante o Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV), foi incorporada na plataforma MSBFEA (*Maple System Based Finite Element Analysis*), que também tem implementados outros tipos de elementos finitos. O MSBFEA consiste em quatro módulos:

- MSBFEA-PRE: pré-processador responsável pela modelagem da estrutura, através do fornecimento de dados;
- MSBFEA-FEM: responsável pela realização dos cálculos do MEF, através dos arquivos gerados pelo pré-processador;
- MSBFEA-POS: responsável pela plotagem de gráficos e diagramas referentes a estrutura analisada;
- MSBFEA-PDF: gera um arquivo no formato pdf, com um relatório técnico dos resultados obtidos.

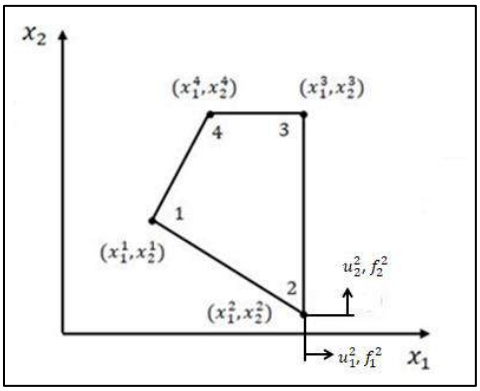



Figura 1. Elemento finito Q4

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sistema de equações para o elemento finito Q4 para elasticidade 2D é obtido com aplicação do PTV, tendo como resultado

$$\boldsymbol{Ku} = \boldsymbol{f} \ . \tag{1}$$

A aplicação do PTV é formada por quatro etapas:

I. Aproximação do campo de deslocamentos, obtidos através de interpolação linear dos deslocamentos e resultando na matriz de funções de interpolação $\boldsymbol{N}$, onde as coordenadas físicas são transformadas em coordenadas naturais.

$$u_1(\boldsymbol{\xi}) = a_1 + a_2\xi_1 + a_3\xi_2 + a_4\xi_1\xi_2 \ , \tag{2}$$

$$u_2(\boldsymbol{\xi}) = b_1 + b_2\xi_1 + b_3\xi_2 + b_4\xi_1\xi_2 \ . \tag{3}$$

$$\begin{aligned} N_1(\boldsymbol{\xi}) &= \frac{1}{4}\big((1-\xi_1)(1-\xi_2)\big) \ , \\ N_2(\boldsymbol{\xi}) &= \frac{1}{4}\big((1+\xi_1)(1-\xi_2)\big) \ , \\ N_3(\boldsymbol{\xi}) &= \frac{1}{4}\big((1+\xi_1)(1+\xi_2)\big) \ , \\ N_4(\boldsymbol{\xi}) &= \frac{1}{4}\big((1-\xi_1)(1+\xi_2)\big) \ . \end{aligned} \tag{4}$$

Desta forma os deslocamentos podem ser expressos como

$$u_\alpha(\boldsymbol{\xi}) = N_i u_\alpha^i \ , \tag{5}$$

II. Deformações calculadas a partir dos deslocamentos

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \boldsymbol{Bu} \ , \tag{6}$$

com

$$\boldsymbol{u} = (u_1^1 \quad u_2^1 \ u_1^2 \quad u_2^2 \ u_1^3 \quad u_2^3 \ u_1^4 \quad u_2^4)^{\mathrm{T}} \ . \tag{7}$$

A matriz $\boldsymbol{B}$ relacionando deformações com deslocamentos é dada por

$$\boldsymbol{B} = \boldsymbol{G}\boldsymbol{H} \ , \tag{8}$$

onde

$$\boldsymbol{G} = \frac{1}{|\boldsymbol{J}|}\begin{bmatrix} J_{22} & -J_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -J_{21} & J_{11} \\ -J_{21} & J_{11} & J_{22} & -J_{12} \end{bmatrix} , \tag{9}$$

e

$$\boldsymbol{H} = \frac{1}{4}\begin{bmatrix} -(1-\xi_2) & 0 & (1-\xi_2) & 0 & (1+\xi_2) & 0 & -(1+\xi_2) & 0 \\ -(1-\xi_1) & 0 & -(1+\xi_1) & 0 & (1+\xi_1) & 0 & (1-\xi_1) & 0 \\ 0 & -(1-\xi_2) & 0 & (1-\xi_2) & 0 & (1+\xi_2) & 0 & -(1+\xi_2) \\ 0 & -(1-\xi_1) & 0 & -(1+\xi_1) & 0 & (1+\xi_1) & 0 & (1-\xi_1) \end{bmatrix} . \tag{10}$$

III. Utilizando campo de tensões EPT ou EPD, $\boldsymbol{\sigma} = \boldsymbol{D}\boldsymbol{\varepsilon}$

$$\boldsymbol{D} = \frac{E}{(1-v^2)}\begin{bmatrix} 1 & v & 0 \\ v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-v}{2} \end{bmatrix} . \qquad (EPT) \tag{11}$$

$$\boldsymbol{D} = \frac{E}{(1+v)(1-2v)}\begin{bmatrix} 1-v & v & 0 \\ v & 1-v & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2v}{2} \end{bmatrix} . \qquad (EPD) \tag{12}$$

IV. Aplicação do PTV resultando na matriz de rigidez $\boldsymbol{K}$

$$\boldsymbol{K} = \int_{-1}^{1}\int_{-1}^{1} \boldsymbol{B}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{D}\boldsymbol{B}\, t|\boldsymbol{J}|\mathrm{d}\xi_1\mathrm{d}\xi_2 \ . \tag{13}$$

A matriz $\boldsymbol{B}$ é expressa exclusivamente como função de $\xi_\alpha$. Assim, a integração deve ser efetuada em relação às coordenadas $\xi_\alpha$. Neste trabalho as integrações são feitas numericamente por quadratura de Gauss-Legendre. Por fim

$$\boldsymbol{f} = \boldsymbol{K}\boldsymbol{u} \ , \tag{14}$$

com os vetores de forças nodais $\boldsymbol{f}$ e deslocamentos nodais $\boldsymbol{u}$.

## 3. PROGRAMAÇÃO DO ELEMENTO Q4 NA PLATAFORMA MSBFEA

Com utilização do programa Maple o elemento finito Q4 foi incorporado na plataforma MSBFEA, que consiste em quatro módulos: MSBFEA-PRE, MSBFEA-FEM, MSBFEA-POS e MSBFEA-PDF. As interfaces gráficas via Maplets utilizadas na plataforma permitem combinar as bibliotecas matemáticas e rotinas computacionais em janelas interativas e caixas de diálogo, possibilitando prescrever condições de contorno e aplicar carregamentos de modo análogo como ao realizado também em programas comerciais de simulação.

### 3.1 Módulo MSBFEA-PRE

Este módulo é responsável pela modelagem da estrutura, requisitando os dados da malha através de Maplets, gerando dois arquivos em formato texto com dados para análise. O fluxograma de programação utilizado para elaboração do MSBFEA-PRE é visualizado na Figura 2.

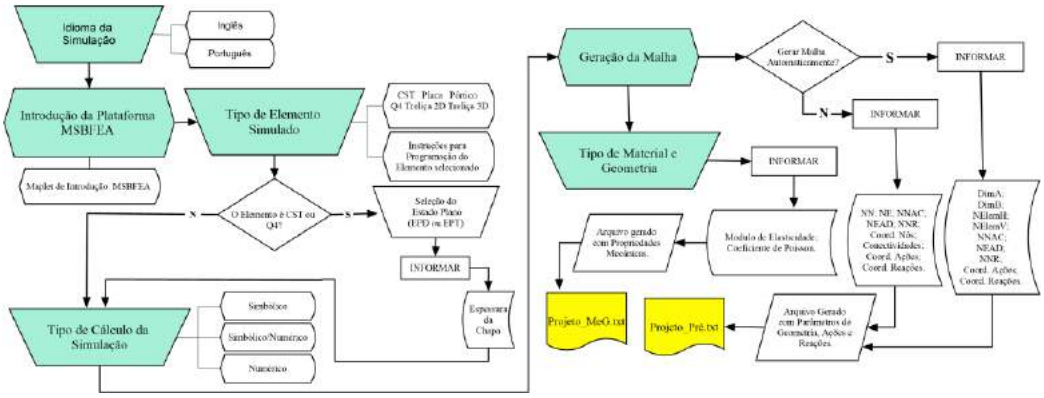



Figura 2. Fluxograma MSBFEA-PRE

### 3.2 Módulo MSBFEA-FEM

O módulo MSBFEA-FEM é responsável pela realização dos cálculos do MEF, sendo alimentado pelos arquivos texto gerados no módulo anterior, gerando um terceiro arquivo em formato texto com os valores calculados dos deslocamentos nodais e forças nodais. A Figura 3 ilustra o fluxograma deste módulo.

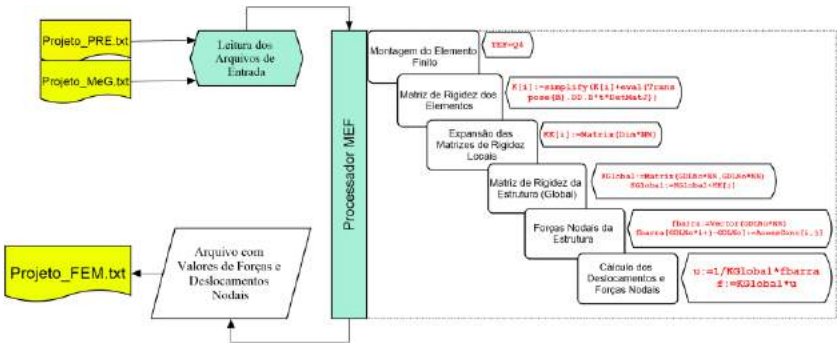



Figura 3. Fluxograma MSBFEA-FEM

### 3.3 Módulo MSBFEA-POS

Munido com os três arquivos gerados nos dois módulos anteriores, apresenta graficamente a estrutura deformada e os gráficos referentes à mesma. Este terceiro módulo ainda não está completamente desenvolvido, visto que é necessária uma programação específica de elementos gráficos para uma boa apresentação e visualização dos dados. O fluxograma deste módulo é ilustrado na Figura 4.

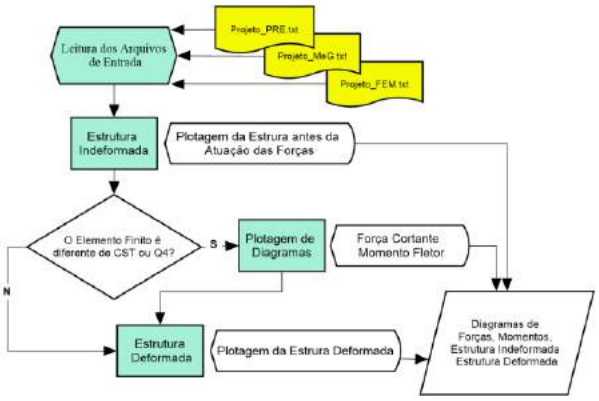



Figura 4. Fluxograma MSBFEA-POS

### 3.4 Módulo MSBFEA-PDF

O módulo MSBFEA-PDF gera um arquivo no formato pdf, sendo um documento gerado interativamente pelo operador do programa, com um relatório técnico contendo uma apresentação completa do projeto com equações, gráficos e tabelas dos resultados. A programação deste módulo será iniciada em um trabalho futuro.

## 4. APLICAÇÕES E RESULTADOS

Com o intuito de validar os resultados obtidos pelo programa em desenvolvimento para implementação do elemento finito Q4, foram considerados três exemplos de simulação.

### 4.1 Projeto 1 - Análise das forças nodais obtidas pelos cálculos do MSBFEA-FEM

O Projeto 01, mostrado na Figura 5 (a), é composto por uma estrutura com 6 nós, 2 elementos, 1 nó com ação concentrada e 2 nós com reações. |O problema foi resolvido no modo simbólico. As forças nodais calculadas pelo programa estão apresentadas na Figura 5 (b) (em vermelho). Na Figura 5 (c) pode ser vista a estrutura deformada (em azul), sobreposta à estrutura indeformada (em marrom).

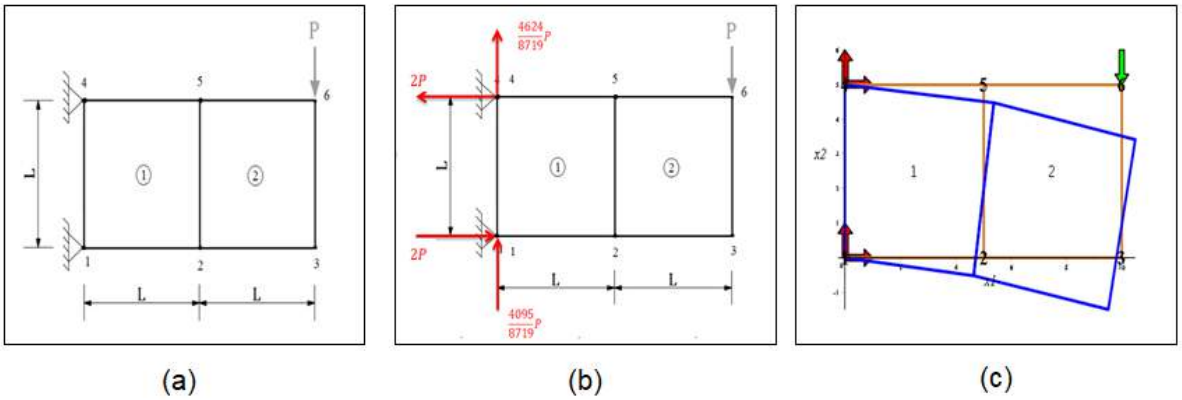



Figura 5. Projeto 01

Para validação dos resultados obtidos foram feitas as somatórias das forças nas direções $x_1$ e $x_2$, bem como a somatória dos momentos em torno do nó 1.

$$\sum \boldsymbol{f_{x1}} = \mathbf{0}\,, \qquad \sum \boldsymbol{f_{x2}} = \mathbf{0}\,, \qquad \sum \boldsymbol{M_1} = \mathbf{0}\,.$$

### 4.2 Projeto 2 - Teste do código desenvolvido através da comparação da matriz de rigidez

O Projeto 02 analisou um único elemento finito, exemplo de um caso do capítulo 23.1.1 da apostila de Felippa (2016, p. 23-7). Trata-se de um elemento retangular (Figura 6 (a)), com base $2a$ e altura $a$, espessura $h$ unitária, módulo de elasticidade $E = 96$ e coeficiente de Poisson $\nu = 1/3$. A malha deste projeto gerada pelo MSBFEA-PRE é mostrada na Figura 6 (b). O modo de cálculo foi SN (simbólico-numérico).

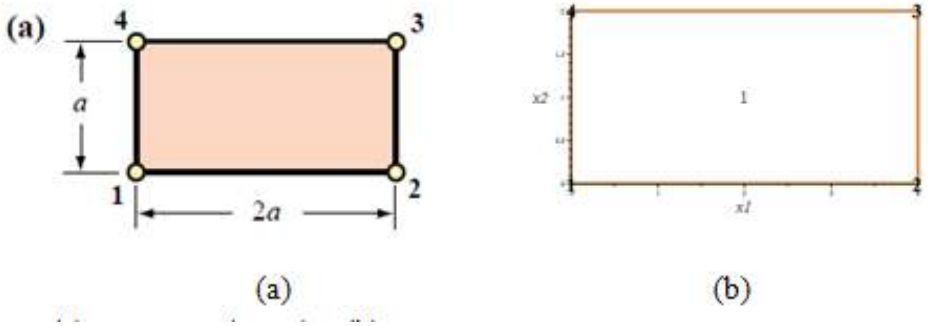



Figura 6. (a) Problema proposto por Felippa (2016) e (b) malha gerada pelo MSBFEA

Foi confirmado assim que a estrutura do algoritmo está correta, devido aos resultados do MSBFEA-FEM e Felippa (2016) estarem de acordo. Com a matriz ***K*** calculada através da programação é possível comparar os resultados, como ilustrado na Figura 7, concluindo-se que estes são exatos.

$$\mathbf{K}^e = \begin{bmatrix} 42 & 18 & -6 & 0 & -21 & -18 & -15 & 0 \\ 18 & 78 & 0 & 30 & -18 & -39 & 0 & -69 \\ -6 & 0 & 42 & -18 & -15 & 0 & -21 & 18 \\ 0 & 30 & -18 & 78 & 0 & -69 & 18 & -39 \\ -21 & -18 & -15 & 0 & 42 & 18 & -6 & 0 \\ -18 & -39 & 0 & -69 & 18 & 78 & 0 & 30 \\ -15 & 0 & -21 & 18 & -6 & 0 & 42 & -18 \\ 0 & -69 & 18 & -39 & 0 & 30 & -18 & 78 \end{bmatrix}$$

(a)

$$\begin{bmatrix} 42 & 18 & -6 & 0 & -21 & -18 & -15 & 0 \\ 18 & 78 & 0 & 30 & -18 & -39 & 0 & -69 \\ -6 & 0 & 42 & -18 & -15 & 0 & -21 & 18 \\ 0 & 30 & -18 & 78 & 0 & -69 & 18 & -39 \\ -21 & -18 & -15 & 0 & 42 & 18 & -6 & 0 \\ -18 & -39 & 0 & -69 & 18 & 78 & 0 & 30 \\ -15 & 0 & -21 & 18 & -6 & 0 & 42 & -18 \\ 0 & -69 & 18 & -39 & 0 & 30 & -18 & 78 \end{bmatrix}$$

(b)

Figura 7. (a) Matriz de rigidez calculada por Felippa (2016) e (b) matriz de rigidez calculada pelo programa MSBFEA-FEM

### 4.3 Projeto 3 – Análise de carregamento de viga

Para este projeto o programa realizou os cálculos considerando como um problema de carregamento de viga, um exemplo adequado foi encontrado em Logan (2012, p. 370), que faz a comparação de diferentes discretizações com elementos triangulares e quadrangulares em uma viga, comparando com o resultado da teoria clássica de vigas (modelo de Euler-Bernoulli). O modelo analisado por Logan é mostrado na Figura 8.

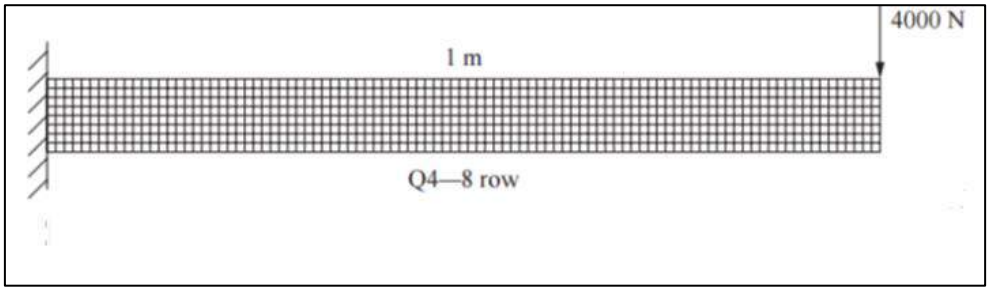



Figura 8. Viga engastada com carga na extremidade

Foram simuladas duas malhas com elemento Q4 denominadas “MSBFEA-FEM - Q4/2” e “MSBFEA-FEM - Q4/4”, estas malhas são mostradas na Figura 9, com as reações (em vermelho) e a carga concentrada (em verde).

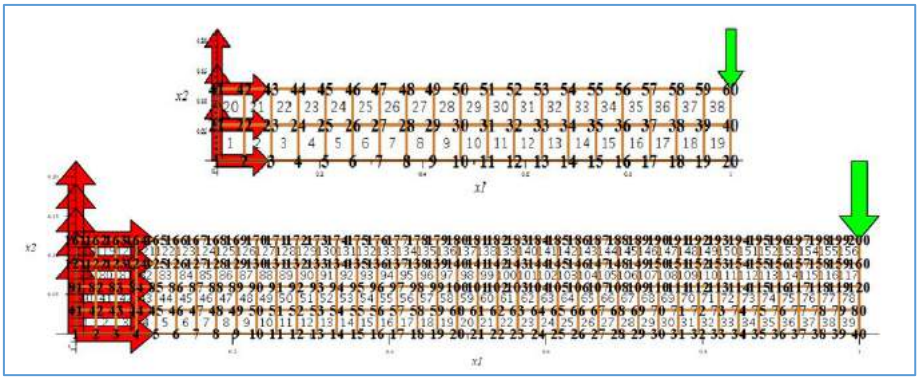


Figura 9. Malhas simuladas pelo MSBFEA

O modelo de duas linhas de elementos Q4 produz deflexões menores, porém muito próximas da predita pela equação clássica de deflexão de viga. À medida que o número de linhas é aumentado as deflexões tornam-se cada vez mais precisas. Um resumo dos resultados obtidos por cada malha é mostrado graficamente na Figura 10, juntamente com o valor da teoria clássica, podendo-se comparar estes valores.

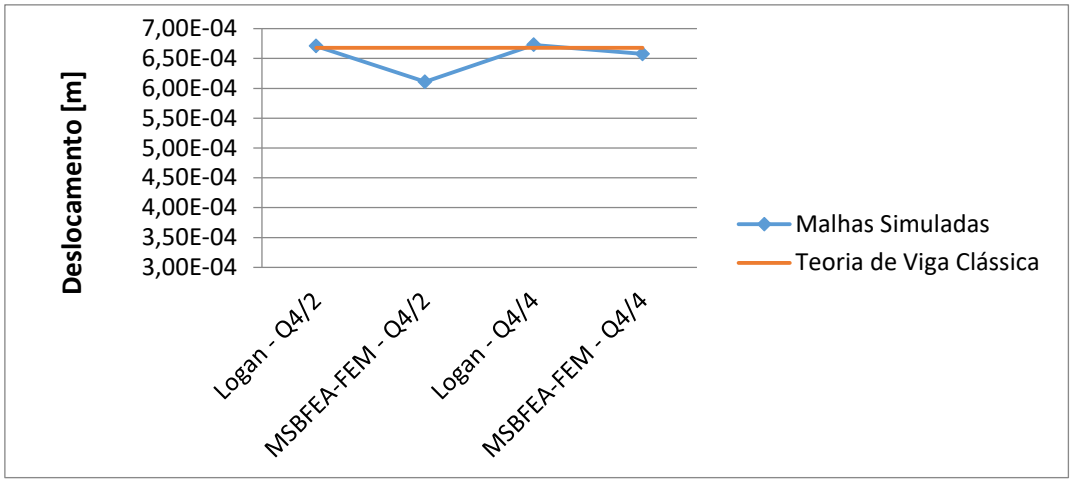



Figura 10. Comparação gráfica dos resultados simulados com os obtidos por Logan (2012)

## 5. CONCLUSÕES

Para a validação dos programas em desenvolvimento para implementação do elemento finito Q4 foram considerados os resultados obtidos nos projetos apresentados durante o trabalho

No Projeto 01 com os deslocamentos nodais obtidos pelo MSBFEA-FEM, foi possível fazer uma análise simples através dos princípios da estática, realizando a somatória das cargas e reações atuando sobre ela e com a somatória dos momentos no nó 01. Foi constatado assim que a estrutura encontra-se em equilíbrio estático, comprovando que os cálculos realizados pelo programa estão de acordo.

No Projeto 02 foi possível fazer a comparação entre as matrizes. Todos os dados do projeto foram retirados do exemplo em questão, e analisando os resultados obtidos pelo MSBFEA-FEM, observa-se que a matriz de rigidez encontrada pelo programa é idêntica à matriz dada no exemplo, mostrando assim que a programação está correta.

No Projeto 03, analisando os dados observa-se que os resultados calculados pelo elemento Q4 são próximos da solução clássica, e vão melhorando conforme a malha é refinada. Ao comparar os resultados do MSBFEA-FEM com os de Logan (2012), para as mesmas malhas, observa-se uma pequena diferença. Isso se deve provavelmente por haver diferenças nas programações utilizadas. No caso do elemento Q4 estas diferenças diminuem com o aumento da malha, mostrando assim que estes resultados são aceitáveis.

O programa ainda precisa de ajustes, a fim de apresentar os resultados de melhor forma, com gráficos das deformações das estruturas analisadas para melhor interpretação dos usuários. Porém os códigos utilizados para cálculos apresentaram bons resultados. Para um leigo na utilização de programas de simulação de chapas 2D com elementos finitos, o elemento finito Q4 agora disponível no MSBFEA é de fácil utilização.

## 6. REFERÊNCIAS

BUDYNAS, R.G. **Advanced strength and applied stress analysis**, 2ª Edição. Nova Delhi: McGraw Hill, 1999.
FELIPPA, C.A. **Introduction to finite element methods**. (Apostila). Boulder: Departamento de Ciência da Engenharia Aeroespacial, Universidade do Colorado. Boulder, 2016
LOGAN, D.L. **A first course in the finite element method**, 5ª Edição. Stanford: Cengage Learning, 2012

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia de Alimentos, Engenharia Química e Química Industrial: Engenharias de Processos

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL APLICADO NAS INDÚSTRIAS METAL-MECÂNICA EM UM MUNICÍPIO DE MÉDIO PORTE

**Naira Barbacovi**
Faculdades IDEAU – Passo Fundo
nairabarbacovi28@gmail.com

**Albino Moura Guterres**
Instituto Federal Sul-Rio Grandense – Campus Passo Fundo
prof.albinomoura@gmail.com

**Débora Regina Schneider Locatelli**
Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim
debora.locatelli@uffs.edu.br

***Resumo.*** *O estudo teve como objetivo realizar uma avaliação de desempenho ambiental no sistema de gestão das indústrias metal-mecânica de um município de médio porte, em relação aos resíduos gerados por estas indústrias. A metodologia adotada se caracterizou como levantamento, sendo que, as pesquisas desse tipo se constituem por interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Para obtenção das informações realizou-se visitas a campo e aplicação de um roteiro semiestruturado. Como resultado, obteve-se um número aproximado de 80 indústrias metal-mecânica existentes no município, destas 30% aceitaram participar do estudo, ou seja, 25 indústrias de área de atuação e porte diversificado. Em relação aos indicadores de desempenho ambiental, constatou-se que as indústrias adotam algumas práticas ambientais, sendo que a prática que mais se destacou nas indústrias foi em relação à conscientização para funcionários e colaboradores em relação ao meio ambiente. De uma forma geral constatou-se que as indústrias em estudo mostraram-se conscientes em relação ao meio ambiente, sendo que o único indicador que não pontou foi gerenciamento de resíduos.*

***Palavras-chaves:*** *gestão ambiental, indicadores ambientais, resíduos industriais.*

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação do desempenho ambiental, é um processo para facilitar as decisões gerenciais, esse processo deve ser abrangente e consistente com o desenvolvimento sustentável tanto para a sociedade quanto para as empresas, e ao mesmo tempo atenta aos fatos e interesses de cada parte interessada, ou seja, não é uma tarefa simples (ESCRIG-OLMEDO, 2015).

Para Lavorato (2010) a avaliação do desempenho ambiental é uma ferramenta de grande importância, em qualquer organização, esta também busca auxiliar as organizações na avaliação dos riscos ambientais, bem como, um planejamento para evitar tais problemas. Através da avaliação de desempenho ambiental também é possível determinar as causas básicas e solução de problemas ambientais, criar condições para a prevenção da poluição, e fornecer informações financeiras para análise de viabilidade econômica das melhorias a serem implantadas, para que, possam estar dentro das normas ambientais, podendo assim, continuamente aperfeiçoar cada vez mais seus sistemas de gerenciamento ambiental, para que os produtos, serviços ou processos estejam em conformidade com o meio ambiente, contribuindo para a sua sustentabilidade (ABNT ISO 14031:2004)

Desta forma, o estudo teve como objetivo realizar uma avaliação de desempenho ambiental no sistema de gestão das indústrias metal-mecânica de um município de médio porte na região norte do Rio Grande do Sul em relação aos resíduos industriais gerados por essas indústrias.

O artigo apresenta os procedimentos metodológicos, a análise e discussão dos resultados que é dividida em quatro partes e as conclusões.

## 2. PRODECIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada se caracterizou como Levantamento, sendo que, as pesquisas desse tipo se constituem por interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer (GIL, 2010). Para obtenção das informações realizou-se visitas a campo e aplicação de um roteiro semiestruturado junto aos gestores. Como resultado, obteve-se um número aproximado de 80 indústrias metal-mecânica existentes no município, destas 30% aceitaram participar do estudo, ou seja, 25 indústrias de área de atuação e porte diversificado

Para análise do desempenho ambiental das indústrias se utilizou de um conjunto de indicadores ambientais. Os indicadores de desempenho ambiental foram baseados no estudo de Bade e Tauchen (2010). Os indicadores selecionados estão apresentados no Quadro 1. Ressalta-se que para análise desses indicadores, utilizaram-se algumas práticas ambientais, também baseadas no estudo de Bade e Tauchen (2010), conforme Quadro 2.

Quadro 1 – Indicadores e práticas ambientais.

| INDICADOR | PRÁTICAS |
|---|---|
| **Estratégias de gestão utilizadas** | Possui programa de melhoria contínua do SGA e SGI; Divulga valor de investimentos destinados para ações socioambientais; Faz estudo prévio de impacto ambiental e social de suas atividades; Possui SGA certificado com a ISO 14000. |
| **Produção Mais Limpa e Tecnologias Limpas** | A indústria implantou projetos de mecanismos de desenvolvimentos limpos; Utiliza-se de energia de combustíveis fósseis; Possui programas de P+L ou tecnologias limpas; Utiliza-se de fontes de energia alternativas. |
| **Gerenciamento de resíduos** | A empresa possui programas de gerenciamento de resíduos; Realiza análise de ciclo de vida; Utiliza-se de programas de reuso de água; A indústria faz tratamento de efluentes. |
| **Programa de Educação Ambiental** | Promove ações ambientais junto a ONGS; Estimula fornecedores na adoção de boas práticas ambientais e sociais; Promove atividade s de conscientização ambiental para colaboradores; Promove ações ambientais envolvendo público externo; Desenvolve algum projeto voltado a educação ambiental; define estratégias de comunicação da sustentabilidade nos negócios; Desenvolve produtos ou serviços com foco socioambiental. |

Fonte: Autores (2018).

O Quadro 2 apresenta o valor correspondente a cada indicador e o valor de cada prática ambiental. Os valores apresentados no quadro foram atribuídos pelos respondentes da pesquisa, haja vista que não foi encontrado na literatura um valor correspondente para os indicadores selecionados. O valor de cada prática corresponde ao valor total de indicador dividido pelo total de prática do respectivo indicador.

Quadro 2 - Valores atribuídos a cada indicador e suas respectivas práticas ambientais.

| Nº de práticas | Indicador | Valor total | Valor de cada prática |
|---|---|---|---|
| 4 | Estratégias de gestão utilizadas | 2,5 | 0,625 |
| 4 | Programas de produção mais limpa e tecnologias limpas | 2,5 | 0,625 |
| 4 | Gerenciamento e indicadores de resíduos | 2,5 | 0,625 |
| 7 | Programas de educação ambiental | 2,5 | 0,357 |

Fonte: Autores (2018).

## 3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este item faz uma análise dos indicadores buscando melhor identificar as indústrias que participaram do estudo, e com isso avaliar o desempenho ambiental das mesmas, utilizaram-se siglas de identificação, as quais foram: EstEsq., indústrias de estruturas e esquadrias metálicas; MáqEq., indústrias de máquinas e equipamentos; PeçAce., indústrias de peças e acessórios, Funilar., indústrias de funilarias. Na sequência apresenta-se as análises correspondentes a cada grupo de indústrias.

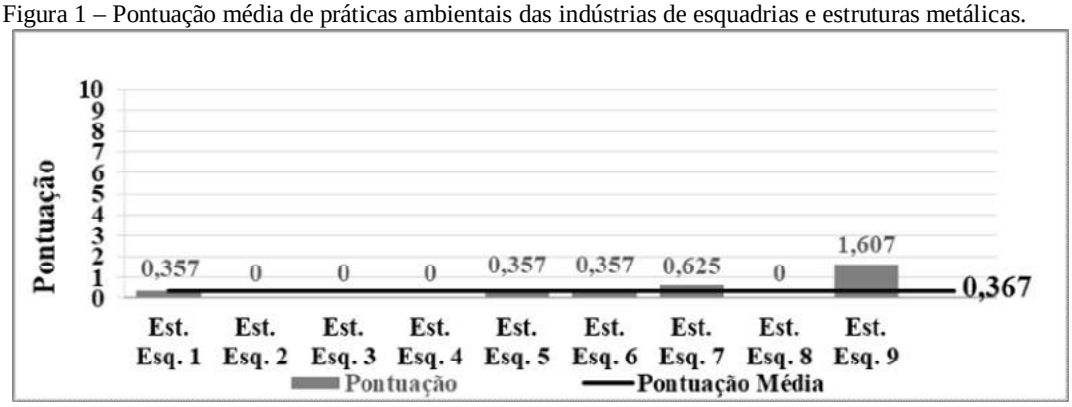
### 3.1 Análise dos indicadores ambientais das indústrias de esquadrias e estruturas metálicas

Através da análise foi possível identificar que as indústrias de esquadrias e estruturas metálicas apresentaram valores baixos em relação a adoção de práticas ambientais na avaliação desempenho ambiental. Sendo que as práticas que mais obtiveram pontuação foram em relação ao indicador programas de educação ambiental.

A Figura 1 apresenta a pontuação média referente a adoção de práticas ambientais pelas indústrias de esquadrias e estruturas metálicas.

As indústrias denominadas EstEsq.2, EstEsq.3, EstEsq.4 e EstEsq.8, não pontuaram em relação a nenhum indicador, para as mesmas a falta de conhecimento, foi citado como principal fator dessas indústrias não adotarem nenhuma prática ambiental. Os responsáveis também justificaram a não adoção de alguma prática ao fato de a geração de resíduo ser pouco nessas indústrias.

Figura 1 – Pontuação média de práticas ambientais das indústrias de esquadrias e estruturas metálicas.




Fonte: Autores (2018).

A indústria denominada EstEsq.9, foi a que apresentou maior desempenho ambiental, com pontuação de 1,607, a pontuação se deu em dois indicadores, estratégias de gestão utilizadas, em relação a esse, a indústria divulga valor de investimento em ações socioambientais, e promove melhoria continua no SGA e SGI. Essa indústria caracteriza-se como de médio porte, e segundo os responsáveis, a indústria sabe da importância da preservação ambiental, dessa forma, esta melhorando seu sistema de gestão interno, buscando melhor gerenciar seus processos. De acordo com a indústria, a melhoria do SGI, esta relacionada em grande parte com as modificações no layout de seus projetos, as modificações realizadas nos desenhos contribuíram para que o desperdício com a matéria prima diminuísse, e muito do resíduo que era descartado, agora é reaproveitado, utilizando-se principalmente para contrapeso de portas. Ressalta-se que esse resíduo reaproveitado não é perigoso.

Fazendo-se uma análise geral desse grupo de indústria, e verificando a ausência de práticas ambientais, constatou-se através das entrevistas, que poucas são as exigências de certificação para as indústrias, isso pode ser justificado pelo fato de que grande parte dos clientes dessas indústrias não estão preocupados tanto com o selo de certificação, mas sim com a qualidade do serviço que as indústrias oferecem. Visto que, a maior parte das indústrias realizam serviços residenciais, colocação de portas, janelas, grades, desta forma, o produto chega até o cliente pronto, necessitando só da instalação. As médias indústrias além dos serviços residências atendem empresas, na construção de estruturas metálicas, neste caso, as estruturas também já chegam até o cliente final necessitando apenas da instalação, ou seja, ambos os clientes não tem conhecimento do processo produtivo da indústria, para eles a exigência é que o produto e serviço sejam de qualidade. A falta de exigência por parte dos clientes e dos órgãos públicos influencia na decisão das indústrias buscarem uma certificação. Esse grupo de indústria obedece às normas de segregação, acondicionamento e disposição final dos resíduos conforme as exigências estabelecidas pela prefeitura do município.

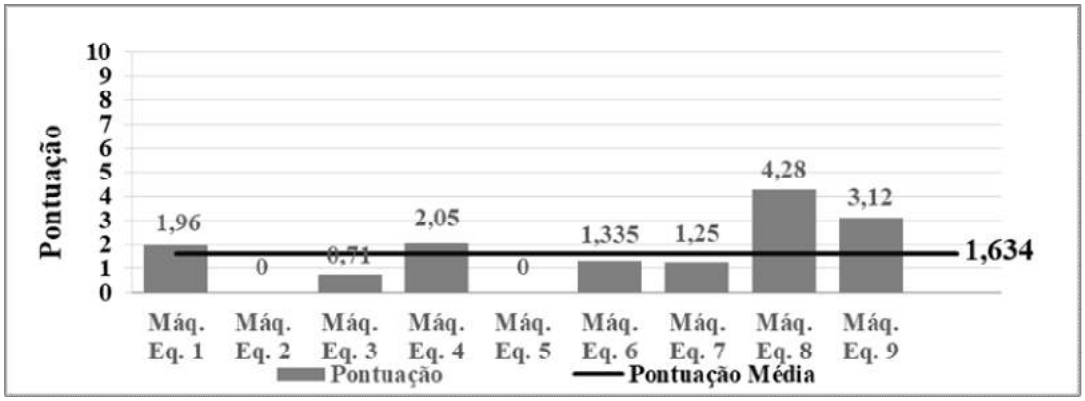
Através da Figura 1, observa-se a pontuação média obtida na avaliação de desempenho ambiental das indústrias de esquadrias e estruturas metálicas, sendo que das 9 indústrias estudadas a pontuação média ficou em 0,367 pontos dos 10 pontos considerados na soma dos indicadores. Ressalta-se que se as indústrias obtivessem pontuação igual ou próxima a 10 pontos, seriam consideradas com um bom desempenho ambiental. A pontuação média apresentada pelas indústrias de esquadrias e estruturas metálicas mostrou que esse grupo de indústria possui uma deficiência em seus sistemas de gestão.

### 3.2 Análise dos indicadores ambientais das indústrias de máquinas e equipamentos

Com relação à análise de indicadores e das práticas ambientais, constatou-se através da pesquisa que esse grupo de indústrias, pontuou em três indicadores, que são estratégias de gestão utilizadas, programas de produção mais limpa e tecnologias limpas e programas de educação ambiental, ou seja, muitas são as práticas ambientais praticadas por essas indústrias, conforme Figura 2.

As indústrias MáqEq.2 e MáqEq.5, não pontuaram em nenhum indicador, como citado anteriormente ambas são indústrias de pequeno porte, essas indústrias fabricam produtos somente sob encomenda, segundo os responsáveis pelas indústrias a geração de resíduos é pouca, desta forma, buscam obedecer a legislação exigida pela prefeitura e empresa licenciada que realiza a coleta desses resíduos. Até o momento do estudo nenhuma dessas indústrias esta pensando em mudar seu modo de gestão.

Figura 2 – Pontuação média das indústrias de máquinas e equipamentos em relação a adoção de praticas ambientais.




Fonte: Autores (2018).

A indústria MáqEq.8 foi a que apresentou maior percentual em relação à adoção de práticas ambientais, essa indústria pontuou em três indicadores, não pontuando no indicador referente a gerenciamento de resíduos, no entanto, durante a pesquisa de campo realizada junto a indústria a mesma encontrava-se em fase de implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos, mas não se obteve informações com relação a esse sistema. Também em relação à indústria MáqEq.8, esta desenvolve atividades industriais voltada a fabricação de máquinas e implementos, atendendo o segmento do agronegócio. Essa indústria busca sempre aprimorar seu produto, investindo em tecnologia. Atualmente desenvolve sistema de secagem especifico para diferentes matérias primas, tendo seus produtos instalados em todo Brasil. A preocupação com o meio ambiente é visível nessa indústria, à mesma esta sempre em busca de aprimorar seus processos, desenvolve praticas ambientais, em relação à Produção Mais Limpa e esta sempre promovendo entre funcionários e colaboradores atividades de educação ambiental. Nos próximos anos esta indústria pretende implantar uma certificação ISO 9000 de qualidade, e ISO 14001 de Gestão Ambiental, pois a indústria esta em fase de expansão, buscando sempre a abertura de novos mercados.

Em uma análise geral, verificou-se que as indústrias de máquinas e equipamentos estudadas, possuem uma preocupação maior em relação ao meio ambiente, se relacionadas as indústrias de estruturas e esquadrias metálicas, sendo que as de médio porte são as que mais adotam práticas ambientais buscando se tornarem indústrias mais sustentáveis, e com isso eliminar desperdícios, reduzir seus custos, aumentar a eficiência e assim minimizar o seu impacto no meio ambiente. Também em relação às indústrias de máquinas e equipamentos, verificou-se que muitas indústrias de pequeno porte adotam práticas ambientais visando melhorar seu processo produtivo, diminuindo o desperdício e assim reduzindo custos. Ressalta-se também que as indústrias, estão buscando novos mercados e com isso vem à necessidade de adaptação dessas indústrias em relação a uma forma de gestão mais eficiente e de uma certificação. Dessa forma, as indústrias devem mudar seus paradigmas, mudando sua visão empresarial, objetivos, estratégia de investimentos e de marketing, tudo voltado para o aprimoramento de seu produto, adaptando-se a nova realidade do mercado global e corretamente ecológico.

### 3.3 Análise dos indicadores ambientais das indústrias de peças e acessórios

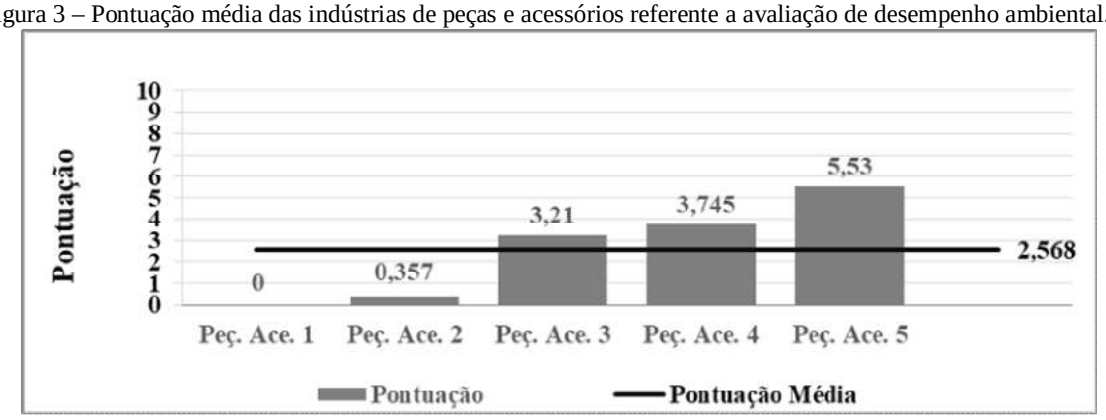
A denominação utilizada para identificar esse tipo de indústria, foi PeçAce. (indústria de peças e acessórios). As indústrias PeçAce.1, PeçAce.2, PeçAce.3 e PeçAce.4, de acordo com os responsáveis pelas mesmas são indústrias de pequeno porte, e a indústria PeçAce.5, foi classificada como médio porte. A Figura 3 apresenta a pontuação de cada indústria referente a adoção de práticas ambientais.

Como resultado da pesquisa, tem-se que, a indústria denominada PeçAce.1 foi a única que não pontou em relação a nenhum dos indicadores, ou seja, não adota nenhuma prática ambiental, de acordo com os proprietários dessa indústria, eles procuram atender as exigências estabelecidas pela secretária de meio ambiente do município, que contempla principalmente a questão da segregação, armazenamento e disposição final do resíduo, nenhuma ação de educação ambiental é realizada por essa indústria com seus funcionários e colaboradores.

As indústrias denominadas PeçAce.3 e PeçAce.4, apresentaram estar mais conscientes e preocupadas com a questão ambiental, as mesmas estão buscando formas estratégicas de melhorarem seu processo produtivo, minimizando o desperdício com matéria prima. As mesmas estão adotando programas de Produção mais Limpa, buscando melhorar a eficiência, a lucratividade e a competitividade das indústrias, protegendo o meio ambiente, clientes e trabalhadores.

A indústria PeçAce.5 foi a que melhor apresentou desempenho ambiental em seu sistema de gestão, esta indústria classifica-se como de médio porte, pontuou em todos os indicadores, ou seja, adota alguma das práticas ambientais relacionadas ao indicador. De acordo com os responsáveis a indústria tem o comprometimento com a satisfação dos clientes. Desta forma, a indústria busca sempre inovar em sua gestão, através de programas, cursos de capacitação, prezando sempre atender as necessidades dos clientes.

Figura 3 – Pontuação média das indústrias de peças e acessórios referente a avaliação de desempenho ambiental.




Fonte: Autores (2018).

Também em relação a indústria PeçAce.5, constatou-se que os clientes desta, cada vez mais estão exigindo produtos com qualidade e certificados, essas exigências fez com que a indústria adotasse a ISO 9000 de qualidade e agora a mesma esta se preparando para implantar a ISO 14001, pois pretende ampliar seu mercado e acredita que a certificação ambiental além de tornar a empresa mais sustentável, é uma oportunidade da indústria abrir mais mercado não somente no Brasil mas no exterior.

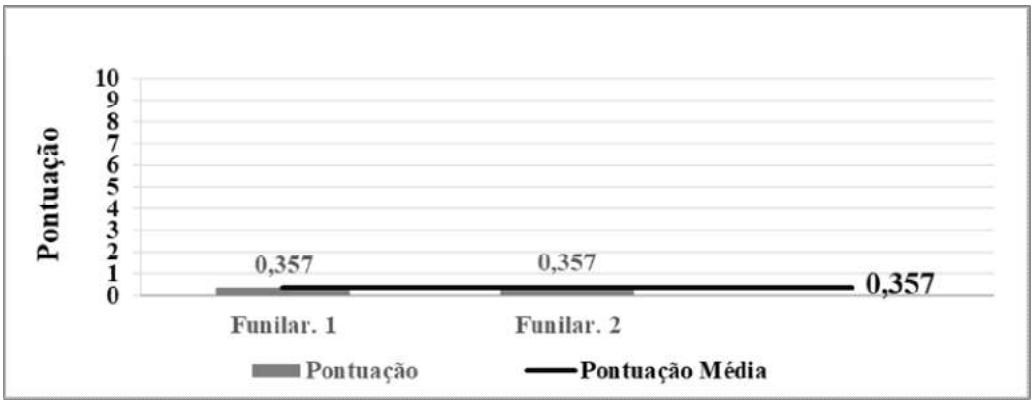
Através da Figura 3, é possível verificar que a pontuação média das indústrias de peças e acessórios foi de 2,5 pontos em relação à adoção de práticas ambientais, utilizadas para avaliar o desempenho ambiental. Considerando que a pontuação máxima era de 10 pontos, constata-se que a média geral desse grupo de indústrias foi considerada baixa.

### 3.4 Análise dos indicadores das indústrias de funilarias

O critério de análise das indústrias de funilaria seguiu a mesma estrutura das demais indústrias, onde analisou cada indicador e suas práticas ambientais. Essas indústrias receberam a denominação Funilar. (indústria de funilaria). Foram estudadas 2 indústrias de funilarias, Funilar.1 e Funilar.2, estas classificadas de pequeno porte.

As indústrias de funilarias foram as que apresentaram o menor índice de adoção de práticas ambientais, pontuando somente no indicador programas de educação ambiental, uma prática ambiental é adotada pelas indústrias em relação a esse indicador, que compreende a conscientização de funcionários, em relação à segregação, acondicionamento e disposição final dos resíduos. De acordo com os responsáveis dessas indústrias a falta de pessoas capacitadas, falta de informações e os custos são as principais dificuldades que as mesmas tem em relação a terem um melhor controle ambiental de suas atividades. Frente a isso, esse grupo de indústrias realizam somente o que é exigido pela prefeitura do município. Após a análise dos indicadores e das práticas ambientais para as indústrias de funilarias, realizou-se a pontuação da média geral que esse grupo de indústria obteve. A Figura 4 apresenta essa pontuação.

Figura 4 – Pontuação média das indústrias de funilarias em relação ao desempenho ambiental.

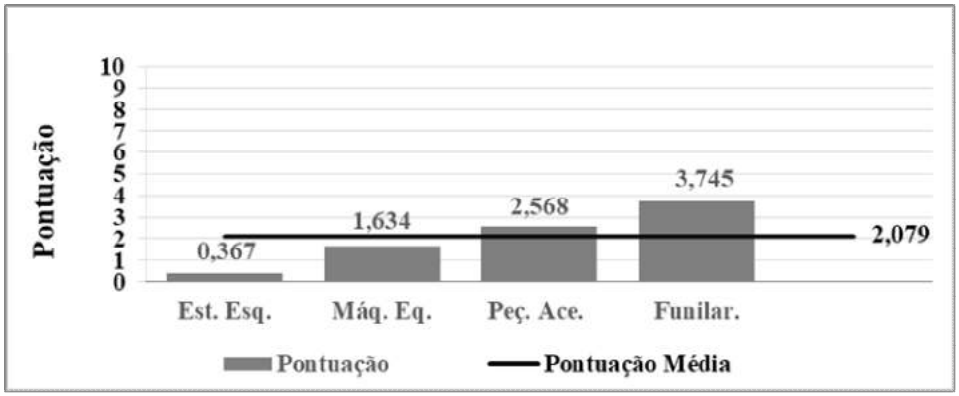



Fonte: Autores (2018).

Na Figura 4 é possível visualizar que a pontuação média que as indústrias de funilarias obtiveram em relação à adoção de práticas ambientais referentes aos indicadores analisados foi de 0,357 pontos, se comparado com os 10 pontos considerados para se ter um bom desempenho ambiental, conclui-se que esse setor apresentou um baixo

desempenho ambiental. Buscando comparar as médias de todos os grupos de indústrias, tem-se a Figura 5, que apresenta a pontuação média geral de todos os grupos de indústrias metal-mecânica estudadas.

Figura 5 – Pontuação média geral de todos os grupos de indústrias estudadas.




Fonte: Autores (2018).

Na Figura 5, verifica-se que a pontuação média referente à adoção de práticas ambientais pelos grupos de indústrias metal-mecânica estudadas, foi de 2,079 pontos, através disso foi possível verificar que as indústrias de uma maneira geral apresentaram baixo desempenho ambiental.

## 4. CONCLUSÃO

Concluiu-se que as indústrias de esquadrias e estruturas metálicas e as indústrias de funilarias, apresentaram baixo desempenho ambiental em seus processos de gestão, sendo que os motivos apontados pelos responsáveis dessas indústrias referentes a pouca adoção de práticas ambientais, está na falta de informação, ausência de pessoas capacitadas, falta de recursos financeiros e também a pouca exigência dos clientes em relação a ter um produto com certificação fazem com que a empresa não invista em melhorias ambientais.

No entanto, as indústrias de máquinas e equipamentos e as indústrias de peças e acessórios, apresentaram um melhor desempenho ambiental, isso demonstra a preocupação das mesmas em relação ao meio ambiente. As mudanças no sistema de gestão através da adoção de práticas ambientais visam atender as necessidades dos clientes, a busca de uma certificação e principalmente tornar a indústria mais sustentável. De uma forma geral conclui-se através das pesquisas realizadas que os responsáveis de algumas indústrias metal-mecânica de pequeno porte e também de médio porte ainda não se dão conta dos impactos ambientais causados aos diferentes ecossistemas e consideram esta questão como algo distante de sua realidade. Conclui-se também que os indicadores de desempenho ambiental propostos, realmente podem avaliar o desempenho ambiental das indústrias metal-mecânica, os quais podem ser vistos como uma ferramenta importante para auxiliar as indústrias em melhorarem seu sistema de gestão ambiental.

## 5. REFERÊNCIAS

Associação Brasielira de Normas Técnicas. ABNT. 2004. “NBR ISO 14031:2004. Gestão Ambiental – avaliação de desempenho ambiental – diretrizes”. Rio de Janeiro: ABNT.

Bade, F. E. e Tauchen, J. A. 2010. “Indicadores ambientais das indústrias do setor metal-mecânico: estudo das empresas que divulgaram seu desempenho ambiental”. *1° SAEP – Semana Acadêmica da Engenharia de Produção – FAHOR*.

Escrig-Olmedo, E., Muñoz-Torres, M. J., Fernández-Izquierdo, M. A. e Rivera-Lirio, J. M. “Measuring corporate environmental performance: a methodology for sustainable developmen”. *Business Stratégy and the Environment*. v. 26, n. 2, p. 142-162, 2015.

GIL, A. C. 2010. “Como elaborar projetos de pesquisa”. 5.ed. São Paulo: Atlas.

LAVORATO, M. L. de A. 2010. “A importância dos indicadores de desempenho ambiental para a competividade das empresas e iniciativas ambientais”. Disponível em: http://www.maisprojetos.com.br/pdf/IDA.pdf .Acesso em: 20 de agos. 2018.

## 6. ANÚNCIO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# UTILIZAÇÃO DE DIAGRAMA DE PARETO EM INDÚSTRIA METALMECÂNICA

**Dionatan Schaefer Lauschner**
Unidade Central de Ensino Fai Faculdades – Itapiranga – SC
dionatan_s_l@yahoo.com.br

**Ivanice Clades Back Müller**
Unidade Central de Ensino Fai Faculdades – Itapiranga – SC
ivaniceback@hotmail.com

**Jair Fiori Júnior**
Unidade Central de Ensino Fai Faculdades – Itapiranga – SC
juniorfiori@gmail.com

***Resumo.*** *O presente artigo foi desenvolvido em uma empresa de automação industrial localizada no Oeste do estado de Santa Catarina, tendo sido realizado o acompanhamento das atividades no setor de produção de robótica, identificando erros ocorridos nos projetos desde a sua concepção até a montagem interna na própria empresa. Todos os erros que acometiam reprocessamento ou troca de peças, foram registradas em planilhas físicas e posteriormente transcritas para planilhas eletrônicas para a plotagem de diagrama de Pareto. A utilização desse diagrama teve como finalidade identificar o setor que mais estava gerando erros dentro da empresa, pois o mesmo demostrou que o setor de projetos da empresa, era o responsável por cerca de 51% dos erros totais dos 8 projetos de automação acompanhados durante o período de 3 meses.*

***Palavras-chave.*** *Automação, Ferramenta de Qualidade, Diagrama de Pareto.*

## 1. INTRODUÇÃO

O contexto de grande competição, avanços tecnológicos e de clientes com necessidades cada vez mais mutáveis, gerou nas organizações a incessante busca pela melhoria contínua, e de certa forma, radical em seus processos produtivos. Tendo a identificação de oportunidades de melhorias como base para o aumento de desempenho e potencial de competição necessários para a manutenibilidade da organização. Entretanto, as mesmas organizações esbarram no completo desconhecimento de ferramentas disponíveis para aplicação nos processos de produção (AZARA; AZZOLINI JUNIOR, 2017).

Com isso, para que uma empresa possa ser eficaz e competitiva no mercado, precisa planejar e controlar as suas ações e seus processos produtivos. Para a conquista de novos mercados, métodos eficientes de controle de produção e identificação de fatores que não agregam valor a organização, se tornam cruciais para o sucesso. Com isso, itens fora da conformidade, acarretam em prejuízos, pois desperdiçam material, mão-de obra, disponibilidade de equipamento, tempo e outros recursos. Assim, analisar e identificar os pontos e processos críticos é fundamental para o sucesso da organização (SANTOS, et al, 2017).

Desta forma, o Diagrama ou Gráfico de Pareto, é uma técnica que classifica as informações referente aos tipos de problemas/erros ou causas, em ordem de importância, priorizando áreas ou setores em que as investigações referentes às não conformidades se tornem mais rentáveis ou mais úteis (OLIVEIRA; SILVA; PERERIRA, 2017).

Martins et al. (2017) e Oliveira et al. (2017), citam que o diagrama de Pareto é utilizado para classificar causas que atuam em um dado processo de acordo com seu grau de importância, também que algumas causas ocasionam a maior parte dos defeitos, ou seja, neste caso, alguns setores são causadores da maior parte dos reprocessamentos, no qual é possível identificar quais são estes e tomar ações de melhoria.

O Diagrama de Pareto é um gráfico de barras que classifica, da maior para a menor, as frequências de ocorrências permitindo a priorização dos problemas com maior ocorrência, assim possibilitando a concentração dos esforços nestes, além de demonstrar a curva de porcentagens acumuladas (OLIVEIRA et al, 2017). Lima, Maia e Fernandes (2017) e Oliveira, Silva e Pereira (2017) complementam que se trata de uma das sete ferramentas básicas da qualidade, originada dos estudos do economista Italiano Pareto, que baseia se no conceito de que a maioria das perdas são originadas de poucas causas, ou as poucas causas são vitais.

A partir disso, esse artigo visa demonstrar a utilização do Diagrama de Pareto em uma indústria de automação industrial, situada no extremo oeste catarinense, a partir da coleta de dados em chão de fábrica, em 8 projetos, por meio de utilização de uma planilha física e posterior junção dos dados coletados, transcritos para o software Excel para a plotagem do Diagrama.

## 2. METODOLOGIA

Tratando-se de uma empresa de automação industrial, esta desenvolve projetos de automação para os mais diversos processos produtivos, realizando todo o processo de desenho das peças que irão compor as máquinas, produção de parte das peças e compra de outras de fornecedores, e ainda, realiza a montagem interna de todo o layout do projeto, com intuito de identificar erros e corrigir internamente, antes da instalação no cliente. Desta forma, as atividades de acompanhamento dos processos foram realizadas no setor de produção da robótica, diretamente no processo de montagem do layout.

Todas as atividades de se dividiram em duas etapas principais: a primeira, que foi a coleta dos dados e a segunda, a junção de todos os dados coletados, transcritos para planilhas eletrônicas.

**1ª etapa**: O acompanhamento dos projetos desenvolvidos na empresa foi realizado a partir dos líderes de cada um dos 8 acompanhados no período de 3 meses, ou seja, por meio deles se tinha uma visão ampla de todo o projeto, sendo que este acompanhava a coleta dos dados para que não ocorressem erros de dados. Desta forma, foram realizadas anotações em planilhas físicas, (exemplo de planilha na figura 1), que facilitaram o preenchimento das informações pelos líderes de cada projeto, pelos seus subordinados e pelo estagiário.

| **Ordem de Serviço (OS):** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Cliente:** | | | | |
| Máquina | Código | Motivo | Melhoria | Setor |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Figura 1. Exemplo de planilha usada no acompanhamento das atividades na empresa.

Nesta planilha, foi identificada qual a ordem de serviço para o projeto em questão e seu respectivo cliente. Além disso, anotava-se qual a máquina, o código da peça, pois a partir do código que havia a correta identificação da peça, o motivo da peça ser/estar errada, a possível melhoria a ser realizada, e por fim, o setor que havia ocasionado o erro.

Posteriormente, os dados dos 8 projetos acompanhados e finalizados, partiu-se para a segunda etapa.

**2ª etapa**: Todas as informações coletadas nos processos de montagem, foram transcritas para planilhas eletrônicas, realizando-se assim um levantamento da quantidade de peças erradas ou com defeito em todos os projetos acompanhados. A partir disso, foram somados todos os erros e calculados a porcentagem de cada, sendo plotado o Diagrama de Pareto para identificar o setor com mais erros nos projetos. Todas as atividades de alocação de dados nas planilhas eletrônicas e plotagem de Diagrama, foram realizadas no software Excel.

## 3. RESULTADOS

Ao final do acompanhamento dos 8 projetos durante, obteve-se os seguintes dados, em relação aos erros ocorridos nos projetos, demonstrados na tabela 1:

| Setor | Nº de erros | % | % Total |
|---|---|---|---|
| Projeto | 71 | 51% | 51% |
| Usinagem | 25 | 18% | 69% |
| PCP | 17 | 12% | 81% |
| Corte | 9 | 6% | 88% |
| Dobra | 8 | 6% | 93% |
| Automação | 6 | 4% | 98% |
| Almoxarifado | 2 | 1% | 99% |
| Atualização | 1 | 1% | 100% |
| **Total de erros** | 139 | | |

Tabela 1. Relação de erros ocorridos em cada setor, sua porcentagem e a porcentagem acumulada.

A partir desta tabela, com a relação de todos os erros, foi possível a plotagem do Diagrama de Pareto, conforme indica a figura 2.

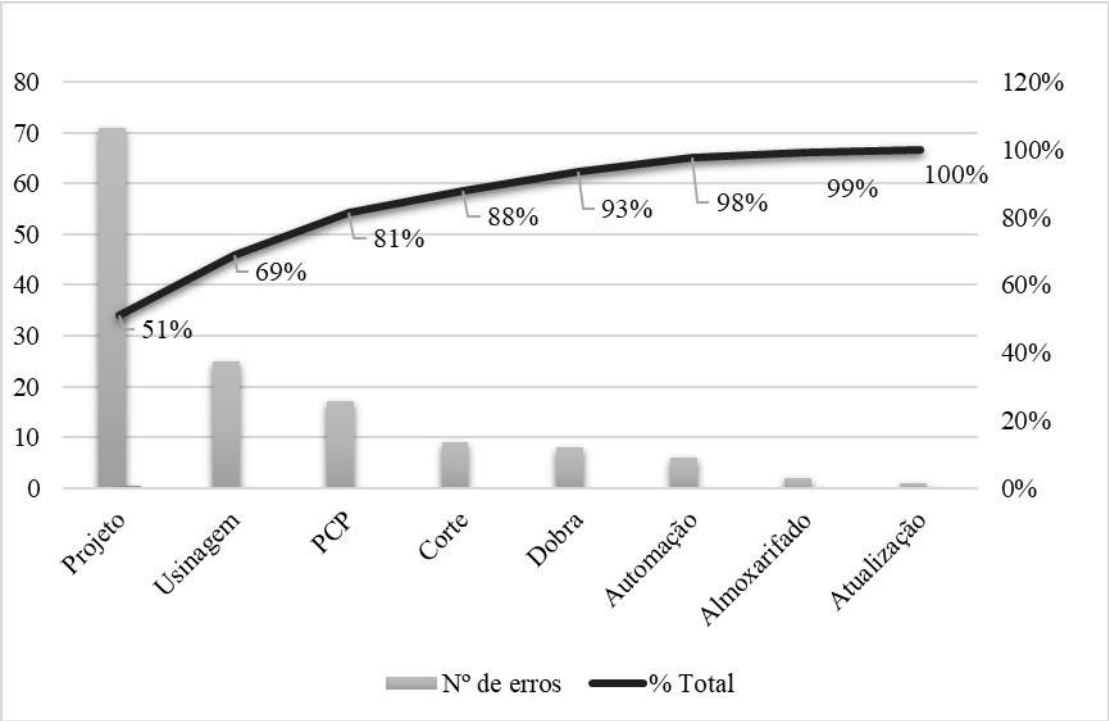



Figura 2. Diagrama de Pareto.

Neste Diagrama, é possível observar que o setor de projetos da empresa, é o responsável por 51% dos erros gerados ao longo dos 8 projetos.

Ao longo dos acompanhamentos nos processos de montagem, observou-se a falta de detalhamento nos desenhos dos projetos em execução, sendo que era frequente esse acontecimento, comentado pelos colaboradores e que era um dos maiores problemas que ocasionavam erros nos projetos, tanto pela produção de peças internamente, bem como, pela compra de peças prontas de fornecedores externos. Assim, o acompanhamento de um líder de execução de projeto, na projeção do mesmo, seria fundamental para evitar vários problemas durante a montagem/execução, que acabam por muitas vezes em improvisos e adaptações de projetos, atrasando a programação original do projeto.

Desta forma, Mayr (2000) em seu trabalho confirma essa tese que, deficiências de projeto, ou seja, erros no projeto, que são constatadas durante a execução, acarretam na necessidade de tomar decisões apressadas e geram improvisação em muitos casos, com intuito de adaptar as soluções formuladas em projeto. A prática de deixar soluções para a execução, soluções para alguns problemas é normal por parte dos projetistas. Deixar decisões para a execução, por falta de detalhamento tambem é uma das causas por erros que acabam sendo encontrados durante a execução do projeto.

Com isso, todas essas deficiências geram perda de produtividade, comprometimento do desempenho da obra, no caso da indústria é a máquina/equipamento e falta de conformidade entre projeto e produto final.

## 4. Conclusão

Conclui-se desta forma que foi possível identificar a partir do uso do Diagram de Pareto, que o setor de projetos da empresa, foi o causador dos maiores erros nos projetos de automação, indicando assim, que o uso do Diagrama, é uma ferramenta muito útil na identificação de pontos causadores de erros ou problemas em uma organização.

## 5. REFERÊNCIAS

AZARA, W. F. de; AZZOLINI JUNIOR, W. Aplicação do sistema *Lean* em uma célula de produção com mix de produtos variáveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: Abepro, 2017.

LIMA, Damirys Maria Lucena de; MAIA, Joyce Abreu; FERNANDES, Rodolfo Martins Formiga. Aplicação das ferramentas da qualidade na finalização de orçamentos em uma empresa de comunicação visual. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 17., 2017, Joinville. **Anais... .** Joinville: Abepro, 2017.

MARTINS, Murilo Prazeres et al. Aplicação das ferramentas da qualidade e do ciclo pdca em uma empresa do setor têxtil. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 17., 2017, Joinville. **Anais... .** Joinville: Abepro, 2017.

MAYR, Luiz Roberto. **Falhas de projeto e erros de execução: Uma Questão de Comunicação.** 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000

OLIVEIRA, Adriano Matos de et al. Aplicação das ferramentas da gestão da qualidade: um estudo de caso aplicado em um laboratório universitário de microbiologia. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 17., 2017, Joinville. **Anais... .** Joinville: Abepro, 2017.

OLIVEIRA, Luis Guilherme Ramos; SILVA, Messias Borges; PEREIRA, Daniel de Moura. Análise quantitativa para aumento da confiabilidade e disponibilidade de uma mandrilhadora CNC de uma empresa metalúrgica. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 17., 2017, Joinville. **Anais... .** Joinville: Abepro, 2017.

SANTOS, Daiane Almeida dos et al. Análise de causas de não conformidades no processo de produção de cabos isolados. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 37., 2017, Joinville. **Anais... .** Joinville: Abepro, 2017.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Todo o conteúdo apresentado nesse artigo é de total responsabilidade dos autores

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROGRAMA 5S NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CARACTERIZAÇÃO E METOLOGIA

**Letícia Regina Pereira Banhara**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
leti_0905@hotmail.com

**Guilherme Cezaro Munaretto**
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
guilhermemunaretto@gmail.com

***Resumo.*** *As empresas do setor da Construção Civil têm como um dos principais problemas o desperdício de materiais em um mercado onde se torna necessário enfrentar cenários desafiadores e cada vez mais competitivos. O Programa 5S é um conjunto de formado por cinco sensos que, ao serem implantados são capazes de modificar o ambiente de trabalho, melhorando a autoestima do trabalhador, a comunicação e o relacionamento entre os funcionários, proporcionando o aumento da produtividade. Este artigo buscou abordar de maneira simples e objetiva as características e a metodologia para a implantação do Programa 5S.*

***Palavras chave:*** *programa 5S, 5S, empresas, qualidade*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento constante da competitividade, muitas empresas buscam alternativas visando se diferenciar no mercado. O objetivo principal das empresas é agregar valor aos seus produtos através da qualidade de seus serviços, resultando em vantagens competitivas. Neste cenário, o programa 5S é visto como um importante programa participativo e propulsor da qualidade, por oferecer o conhecimento necessário a todos os participantes, para o desempenho e manutenção adequados de suas funções (Costa, 2005).

O programa visa à melhoria da qualidade e produtividade, iniciando com a mudança de hábitos de todos os colaboradores quanto à organização, limpeza, asseio e ordem do local de trabalho. Dessa forma, o Programa 5Ss influencia positivamente a organização, as pessoas e o ambiente, potencializando a melhoria da qualidade dos serviços e dos produtos (Costa, 2005).

Além de ser um programa de suma importância para a organização, pose ser adaptado para qualquer área, passando desde setores administrativos, de produção, de manutenção, da construção civil entre outros.

Este artigo buscou abordar de maneira simples e objetiva as características e a metodologia para a implantação do Programa 5S.

## 2. O QUE É O PROGRAMA 5S?

Conforme Luiz (2018), o 5S foi introduzido no Japão por KAORU ISHIKAWA na década de 1950, destinado a combater as causas das perdas, desperdícios e a desorganização nas entidades japonesas nos anos que seguiram ao fim da Segunda Guerra Mundial, conforme Figura 01. O programa objetiva a educação, treinamento e busca a qualidade, através de constante aperfeiçoamento dos detalhes que compõem a rotina diária de trabalho.

Os conceitos fundamentais do programa devem ser entendidos, incorporados e praticados por todos os níveis hierárquicos, dos empregados à gerência. O Programa 5S traz benefícios concretos, pois os resultados são facilmente e rapidamente observados. Além disso, os conceitos aplicados são simples, o programa é participativo, ou seja, promove o envolvimento de todas as equipes produtivas da obra. Propondo a melhorias na organização e na limpeza das obras, ao mesmo tempo, provoca a mudança de comportamento dos profissionais com relação à cultura do desperdício (Prado, 2018).

Figura 01. Os cinco sensos
Fonte: Gonzalez (2018)

Um dos grandes problemas da Construção Civil é o desperdício observado nos canteiros de obras que não agregam valor à obra e aumentam os custos de produção da empresa (Costa & Rosa, 2010). Em um mercado cada vez mais competitivo, Silva (2010) ressalta que as empresas têm sido obrigadas a produzirem mais e com menores custos, para obter assim uma maior margem de lucro, bem como utilizar de técnicas e materiais inovadores, novas metodologias de trabalho e aplicação de normas específicas.

A criação de novas tecnologias vem auxiliando no melhoramento das condições de trabalho e também nos resultados finais obtidos em obras da construção civil, porem as evoluções das técnicas e maneiras como se gerenciam os canteiros de obra são aperfeiçoados a passos lentos e muitas vezes sofrem resistência por parte dos usuários, que não tem capacidade o suficiente para entender que o programa 5S em prol de suas atividades.

Os 5S podem ser representados como uma escada de vários lances, conforme Figura 02, sendo que cada lance contém cinco degraus, é necessário percorrer todos os degraus e os lances para que possa haver a mudança de hábitos (Costa & Rosa, 2010).

Figura 02. Esquema escada 5S
Fonte: Costa & Rosa, 2010

## 2.1 Porque implantar o programa 5S?

A implantação do 5S produz ganhos imediatos, provocando grandes mudanças no aspecto da obra, além de uma melhora na autoestima do trabalhador, no respeito ao próximo e ao meio ambiente (Costa & Rosa, 2010). Entre os outros benefícios que as empresas alcançam, Silva (2010) destaca:

- Redução dos desperdícios sejam eles: materiais, recursos humanos, recursos naturais, tempo e custo;
- Aumento da qualidade do produto ou serviço;
- Aumento da produtividade;

- Fornece a base necessária para implementar outros programas de qualidade, como por exemplo: ISO 9001:2008, 14001, OHSAS 18001 e PBQP-H;
- Facilita a detecção de erros, objetos fora do lugar e outros problemas que precisam de atenção;
- Prevenção de acidentes;
- Melhoria do ambiente de trabalho e da qualidade de vida;
- Melhoria na motivação dos colaboradores;
- Incentivo à criatividade;
- Redução de custo e de retrabalho;

De acordo com Tontini (1998), o programa 5S é considerado a base para a qualidade total, pois sua implantação na empresa/canteiro torna o ambiente de trabalho mais organizado, seguro e humano, criando um clima propício à colaboração entre as pessoas e à prevenção de problemas.

Um dos fatores mais importantes que estão relacionados a implantação do programa 5S diz respeito a geração de lucro, pois sua implantação faz melhoramentos e como resultado final é percebido e principalmente economia de materiais e tempo, ou seja, menor despesa. Para Grosso et. al. (2015), "cerca de 50% dos recursos naturais e 40% dos insumos energéticos de todas as fontes" extraídos na natureza ou gerados por meios produtivos são utilizados na construção civil em todo o mundo, sendo que parte deste valor pode ser economizado utilizando formas racionais de organização e padronização em processo de execução das obras.

## 3. METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO

Costa & Rosa (2010) destacam que devesse elaborar um plano de ação que contenha a metodologia de implantação do Programa 5S, também criar um material didático para treinamento e avaliação dos resultados. Para isso, deve-se utilizar o clico PDCA, de acordo com a figura 03.

Figura 03- Ciclo PDCA.
Fonte: Costa & Rosa (2010)

A figura 04 demonstra como pode ser montado o processo de implantação utilizando o ciclo PDCA:

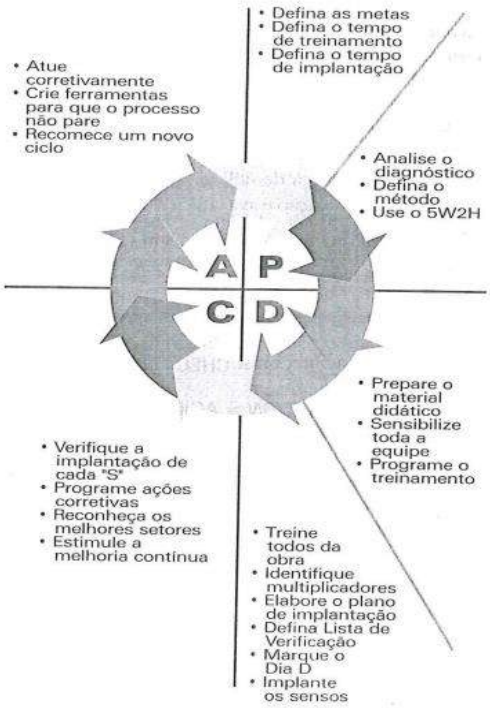



Figura 04- Ciclo PDCA.
Fonte: Costa & Rosa (2010)

Prado (2018) sugere que a alta administração deve demonstrar comprometimento com a melhoria, antes de solicitar qualquer tipo de colaboração dos funcionários. Luiz (2018) enfatiza também a importância de toda a equipe participar ativamente da implementação.

A criação de uma equipe que possa fazer o acompanhamento da implantação e que esteja ligada tanto os gestores quantos aos funcionários de nível hierárquico mais baixo é imprescindível para o sucesso da implantação do programa. Esta equipe deve atuar de forma ativa fazendo com que os procedimentos implantados sejam executados de forma continua. A verificação periódica e a amostragem do antes/depois é fundamental para que os envolvidos entendam o quanto o programa é importante.

Para a implantação do programa, Costa & Rosa (2010) ressaltam que a direção deve:

- Reunir todos os funcionários e comunicar a decisão da implantação do programa;
- Disponibilizar recursos para a implentação;
- Acompanhar sistematicamente a implantação;
- Designar um coordenador e formalizar o Comitê do 5S que vai atuar no programa;
- Definir, juntamente com o comitê, as prioridades e metas que devem estar registradas no plano de ação para implantação.

Segundo Prado (2018), uma das dificuldades que as empresas encontram para a implantação efetiva dos Sistemas de Gestão da Qualidade é a resistência nos níveis hierárquicos mais baixos. A adesão dos operários às transformações necessárias é ponto fundamental para que os objetivos do programa sejam alcançados. As deficiências educacionais da população no Brasil agravam esse fator.

O sucesso do programa depende entre outros fatores da colaboração de todos os setores, não bastando apenas o fato de o programa ser instalado e ter seu funcionamento iniciado, mas sua periódica manutenção e atualização. O fluxo de como colocar em prática o programa está exemplificado na Figura 05.

Figura 05. Fluxo de como colocar em prática o programa.
Fonte: Prado (2018).

### 3.1 Significado e forma de implantação de cada "S"

O Programa 5S é implementado como um plano estratégico para que as empresas comecem a apresentar melhorias rumo à qualidade total. Além da busca de melhoria da qualidade e produtividade, as empresas visam melhorias na qualidade de vida do trabalhador. A principal vantagem deste programa é a facilidade que ele tem de provocar mudanças comportamentais em todos os setores (Silva, 2010).

O termo 5S é derivado de cinco palavras japonesas, que tem por início a letra "S" e conforme Santos (2016):

**SEIRI (Senso de Utilização)**: é o primeiro passo do programa. Consiste em selecionar e eliminar o que é desnecessário do local de trabalho. Para isto, é preciso definir claramente o que é, ou não, útil no local de trabalho.

**SEITON (Senso de Ordenação):** estabelece locais e critérios para guardar e dispor os materiais, ferramentas, equipamentos e utensílios. Este senso tem como finalidade organizar e otimizar tempo.

**SEISO (Senso de Limpeza):** busca eliminar a sujeira, para manter limpo e saudável o ambiente. Este senso não é, apenas, o ato de limpar, mas o ato de não sujar.

**SEIKETSU (Senso de Asseio):** cria condições favoráveis à saúde física e mental, mantendo o ambiente livre de agentes poluentes proporcionando uma melhor qualidade nas condições de trabalho. Este senso busca manter os três primeiros "S", de forma contínua e padronizada. Também aborda a saúde mental, enfoca o comportamento ético, de forma que as relações interpessoais criem um ambiente saudável, de respeito mútuo.

**SHITSUKE (Sendo de Disciplina):** desenvolve o hábito de observar e seguir normas e procedimentos, como a atender às especificações. Este senso caracteriza-se pelo desenvolvimento mental, moral e físico, para a disciplina inteligente, que é o respeito a si próprio e aos outros.

## 4. CONCLUSÃO

O programa 5S proporciona uma mudança cultural nas empresas, buscando a valorização do aprendizado e do desenvolvimento de seus funcionários. Essa mudança na postura organizacional resulta no respeito às necessidades humanas, dando maior liberdade ao desenvolvimento das competências e habilidades dos trabalhadores, que consequentemente se tornarão mais criativos e produtivos.

Podendo ser utilizado como uma alternativa para empresas do setor da Construção Civil para se adaptarem a um mercado cada vez mais exigente e para se tornarem mais competitiva, aumentando sua participação no mercado, por meio do aumento da eficiência e do potencial de seus funcionários.

O programa 5S busca garantir a organização do ambiente de trabalho, a melhoria na comunicação e no relacionamento entre os funcionários, assegurando assim o desenvolvimento dos conceitos de qualidade, maior produtividade e redução do desperdício.

## 5. REFERÊNCIAS

COSTA, M. L. S.; ROSA, V. L. N. “5S no canteiro.” 4. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

COSTA, R.B.F.; REIS, S.A.; ANDRADE, V.T., 2005. Implantação do programa 5S em uma empresa de grande porte: importância e dificuldades. In XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil.

TONTINI, G., 1998. "Mantendo o programa 5s em sua empresa". Revista de Negócios, V. 3, Nº1, p. 43-54.

SILVA, E.P; DELES, K.P.S; PAULA, V.M.F., 2013. "IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA 5S EM UMA ESCOLA MUNICIPAL". IN *Em Extensão*, Uberlândia, V. 12, n. 2, p. 128-140.

GONZELES, E.F; JUNGLES, A.E. "5S no canteiro de obra de um conjunto habitacional". 01 Set. 2018. <http://www.edinaldogonzalez.com.br/lib/artigos/art-5s-no-canteiro-de-obra.pdf>.

GROSSO, M.; Santos, J. e Evangelista, A.C, 2015. “As obras de “retrofit” sob a visão da sustentabilidade” IV CIRMARE – Congresso internacional na “recuperação, manutenção e restauração de edifícios”. Rio de Janeiro, Brasil.

PRADO, R.L; AMARAL, T.G; TOLEDO, R. "DIRETRIZES E RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA 5S NA CONSTRUÇÃO CIVIL" 02 Set. 2018. <http://www.marcusviniciusrodrigues.com.br/LinkClick.aspx?fileticket=Q4Wp5aw9 %3D&tabid=92&portalid=0&mid=480&language=pt-BR&forcedownload=true>.

SANTOS, N.C.; SCHIMIDT, A.S.;PEREIRA, A.S., 2006. "Implantação do 5S para qualidade nas empresas de pequeno porte na região central do Rio Grande do Sul"XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil.

LUIZ, D.B.; VITO, M. "IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA 5S EM UM CANTEIRO DE OBRASESTUDO DE CASO". 03 Set. 2018. <http://repositorio.unesc.net/handle/1/169>.

SILVA, L.F.C.N., 2010. "QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL" In VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói,Rj, Brasil.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DO NIVELAMENTO DE UMA RODOVIA COM NÍVEL ÓPTICO E COM NÍVEL LASER

**Rovian Cappellesso**
**Fabiano da Silva Jorge**
Universdade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
rovian25@hotmail.com; fabianojorge@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este estudo teve como objetivo verificar se o custo/benefício da Estação Total se mantem melhor em relação ao Nível Óptico para trechos rodoviários não planos. Com os resultados do estudo realizado através do nível óptico com pontos de nivelamento a cada 30m, pode-se verificar que o erro de fechamento se manteve semelhante em comparação aos dois trechos estudados anteriormente com o mesmo equipamento, porém notou-se uma melhora na precisão do nivelamento levando em consideração que o trecho estudado neste trabalho possuiu maior extensão horizontal e maiores curvas verticais em relação aos trechos antes propostos. Já no nivelamento com a estação total tivemos um erro de fechamento muito maior em relação ao nível óptico, porém mantendo-se dentro da tolerância para o trecho, este resultado, em comparação com o nivelamento feito no trabalho anterior, foi muito menos preciso. Analisando o custo de cada equipe para o nivelamento do trecho podemos observar que são semelhantes para os dois equipamentos, com uma leve economia de 1,01% para a estação total, com isso podemos afirmar que o custo/benefício é favorável ao uso do Nível Óptico já que ele se mostra muito mais preciso que a Estação Total no resultado real do trecho.*
***Palavras-chave:*** *Custo/Benefício, Estação Total, Nível Óptico, Precisão*

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil as rodovias são de vital importância para o transporte de pessoas e escoamento de produtos e serviços devido ao pouco investimento em outros meios de transportes. A implantação, restauração e manutenção de rodovias são essenciais para a economia e quanto mais rápido e preciso forem estas obras, em menos tempo as rodovias poderão ser colocadas em serviço.

Com base nisso, a realização deste estudo tem o intuito de analisar a execução da locação de um eixo de rodovia em serviço, utilizando o nível óptico e estação total, a fim de confirmar os resultados obtidos por Cantoni (2017), onde ele demostra que a estação total tem um custo benefício melhor, para os trechos propostos no estudo anterior, realizado por Cantoni (2017) conforme estabelece as normas do Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes - DNIT.

O DNIT (2006) determina, através de suas instruções de serviço (IS-204 e IS-205 do Manual de Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários), que para realizar a locação do eixo de uma estrada, deve ser executado o nivelamento geométrico, com o auxílio de um nível, para obter as cotas dos pontos que foram locados. Além disso, determina como e quais são as etapas a serem seguidas, os equipamentos utilizados (de acordo com a sua precisão), como elaborar as apresentações destes trabalhos que foram executados em campo e os estudos que devem antever estas etapas.

Daí a importância deste estudo, que pretende contribuir para melhorias no processo executivo de rodovias.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Local do estudo

O estudo foi realizado no início do trevo de acesso a URI – Campus 2, (coordenadas, 27°36'57.98"S 52°13'42.33"W) até a entrada das empresas Alufer e Metalúrgica LBN (coordenadas, 27°36'21,65"S 52°12'42,19"W), na RS-331, sentido a Gaurama – RS, com comprimento total de 2010 m (dois mil e dez metros) (Figura 1).

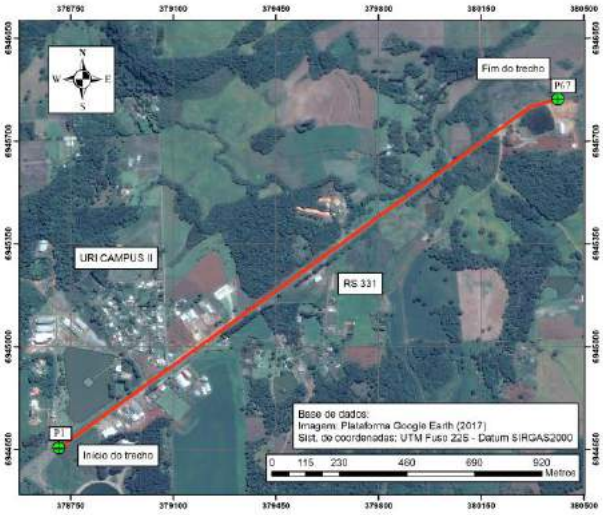



Figura 1 – Trecho estudado

## 2.2 Procedimento de execução do levantamento

### 2.2.1 Nível Óptico

Incialmente foi definido o ponto P1 a uma cota de 700m, e a partir dele a cada 30m foi realizada uma marcação no acostamento da estrada para indicar os próximos pontos, esta etapa do estudo foi realizada num tempo de 1h45min. O nível óptico foi sempre nivelado entre meio aos pontos, a uma distância de 15m, para fazer a leitura da ré e da vante, dos mesmos e, depois da coleta de todos os dados de nivelamento, foi feito o contranivelamento utilizando os mesmos pontos, começando pelo ponto final P67 e repetindo o processo até o ponto P1, com um tempo de coleta de 3h20min e 3h15min, respectivamente.

Segundo a NBR 13.133/94, este nível óptico tem precisão alta de classe IN.

### 2.2.2 Estação Total

Para o nivelamento utilizando a estação total, foram utilizados os mesmos pontos demarcados anteriormente para o nível óptico. Inicialmente coloca-se a estação total no ponto P1, e a partir da determinação do ângulo vertical e a distância entre os pontos realiza-se o levantamento dos dados sempre respeitando o lance máximo de 300m imposto pela tabela 8 da NBR 13.133/94. Este mesmo procedimento foi utilizado para a realização do contranivelamento do trecho, com um tempo de coleta de 1h40min e 1h35min, respectivamente.

Segundo a NBR 13.133/94, esta estação total tem precisão média de classe IIN.

## 3. RESULTADOS E DISCUSÕES

Após a realização dos trabalhos de campo foi executado o pós-processamento. Os resultados obtidos após o processamento dos dados do trecho mostram um erro de fechamento de 51 mm para o nível óptico, enquanto a tolerância para o trecho, segundo a NBR 13.133/94, é de 16,89 mm, conforme a Figura 2a. O tempo total de trabalho de campo foi de 8h10min, divididos em 1h35min para marcações dos pontos; 3h20min para coleta dos dados de nivelamento e 3h15min para coleta de dados de contranivelamento.

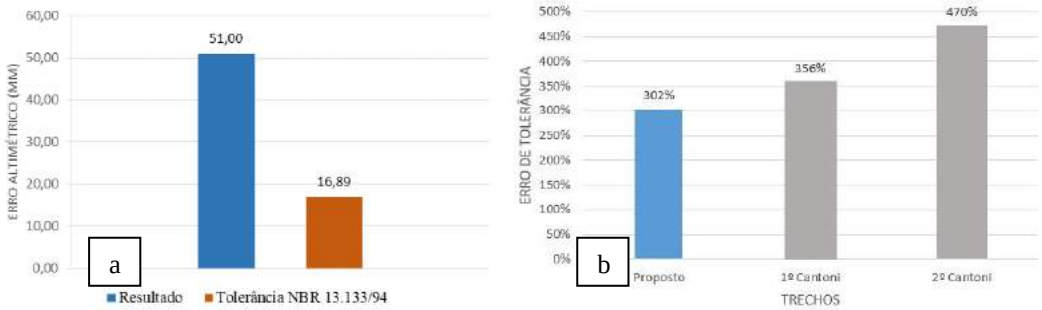



Figura 2 - Comparativo entre resultado obtido e tolerância com o nível óptico (a), Comparativo entre precisões para nível óptico (b)

Comparando os resultados obtidos neste estudo com os resultados de Cantoni (2017), pode-se observar um erro de fechamento semelhante, tendo em vista que no trecho 1, de 720m, o erro de fechamento foi de 46mm, e no trecho 2, de 570m, o erro de fechamento foi de 53mm. Cabe destacar que o trecho proposto para este estudo tem uma extensão de 2010m e possui maiores declividades e mais curvas horizontais, tendo em vista que os trechos propostos por Cantoni (2017) eram mais planos.

Considerando a extensão dos trechos estudados, observa-se uma diferença na precisão do uso do equipamento. No trecho proposto neste estudo o resultado ficou 302% fora da tolerância de fechamento admitida, enquanto para Cantoni (2017), o trecho 1 ficou 356% e o trecho 2 ficou 470% fora da tolerância de fechamento admitida, conforme prevê a NBR 13.133/94 (Figura 2b).

Este resultado melhor pode estar relacionado à distância do trecho, tendo em vista que os 3 trechos tiveram erros de fechamento semelhantes, porém com distâncias distintas entre eles, fazendo com que a precisão para o trecho maior seja melhor, já que para o cálculo da precisão está atrelado a distância do trecho medido.

Neste mesmo trecho, usando a estação total, os resultados obtidos após o processamento dos dados mostram um erro de fechamento de 176 mm, enquanto a tolerância, segundo a NBR 13.133/94, é de 283,5 mm (Figura 3a). O tempo total de trabalho de campo foi de 4h50min, divididos em 1h35min para marcações dos pontos; 1h40min para coleta dos dados de nivelamento e 1h35min para coleta de dados de contranivelamento.

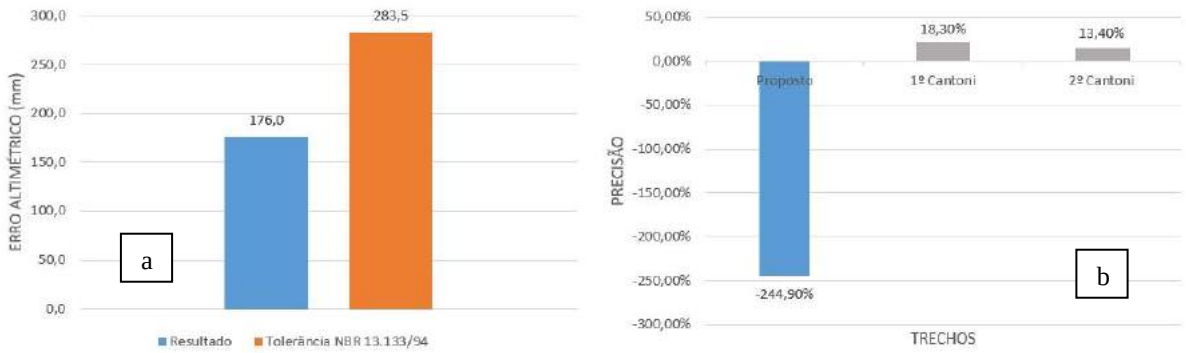



Figura 3 - Comparativo de resultado obtido e tolerância com a estação total (a), Comparativo entre precisões da estação total (b)

Comparando os dois equipamentos, a estação total mostrou-se menos precisa (Figura 3b) e mais rápida (Figura 4a) para o trecho, tendo em vista que o erro de fechamento foi de 176 mm, para um tempo de 04h50min, contra 51 mm do nível óptico e 8h10min, porém manteve-se dentro da tolerância admitida pela NBR 13.133/94, que para o trecho é de 283,5 mm (Figura 3a).

Esses resultados vão de encontro ao estudo realizado por Dias et al. (2010), que ao realizar nivelamentos trigonométricos usando estação total de média precisão, verificou que o método apresentou bons resultados para pequenas distâncias, assim como Cantoni (2017) também encontrou, porém para um trecho de maior distância e maiores curvas verticais, como o proposto neste estudo, a estação total se mostrou 244,9% menos precisa que o nível óptico em relação as outras distâncias propostas por Cantoni (2017), que mostram que para o trecho 1 a estação total foi 18,30% mais precisa e no trecho 2 13,4% mais precisa (Figura 3b).

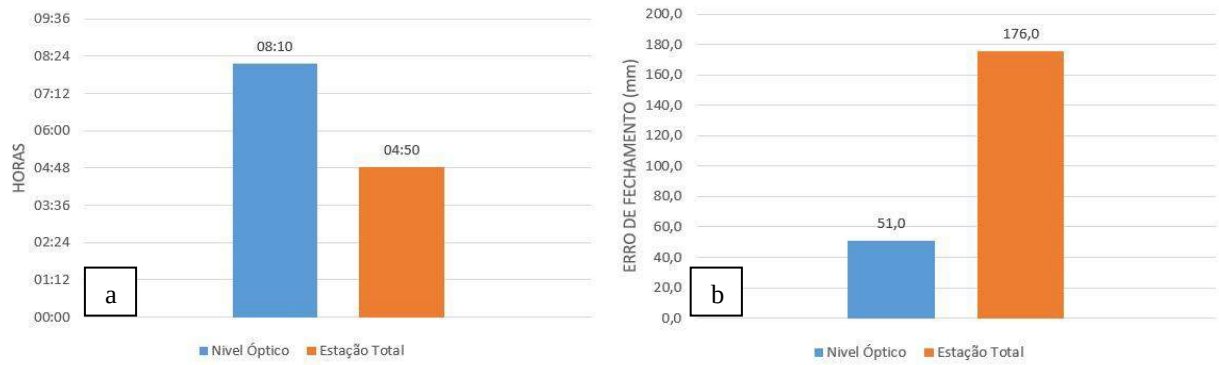



Figura 4 - Comparativo de tempos (a), Comparativo de erro de fechamento entre nível óptico e estação total (b)

Comparando o custo de cada equipe para o trecho estudado, podemos observar que os valores se aproximam, tendo a estação total uma leve economia de 1,01% em relação ao nível óptico, como indicado na Tabela 1 e na Tabela 2. Todos os valores referentes a custo mensal de topografo, auxiliar, horas produtivas e improdutivas de cada equipamento

basearam-se no SICRO/DNIT de janeiro de 2017 com correção para maio de 2018 através do Índice de Reajuste do DNIT.

Tabela 1 – Custo para nível óptico

| | | | Produtivo | | Improdutivo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Unidade** | **Quantidade** | **Horas** | **R$/h** | **Horas** | **R$/h** | **Mensal** | **Subtotal** |
| **Topografo** | und | 0,1 | | | | | 4.672,49 | 467,25 |
| **Auxiliar** | und | 0,2 | | | | | 3.246,44 | 649,29 |
| **Nível Óptico** | hrs | 1 | 8,17 | 1,70 | 63,83 | 1,12 | | 85,40 |
| **Pick Up** | hrs | 1 | 8,17 | 116,32 | 63,83 | 29,23 | | 2.816,11 |
| | | | | | | | **Total:** | **4.018,05** |

Tabela 2 – Custo para estação total

| | | | Produtivo | | Improdutivo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Unidade** | **Quantidade** | **Horas** | **R$/h** | **Horas** | **R$/h** | **Mensal** | **Subtotal** |
| **Topografo** | und | 0,1 | | | | | 4.672,49 | 467,25 |
| **Auxiliar** | und | 0,2 | | | | | 3.246,44 | 649,29 |
| **Estação Total** | hrs | 1 | 4,83 | 6,62 | 67,17 | 4,52 | | 335,76 |
| **Pick Up** | hrs | 1 | 4,83 | 116,32 | 67,17 | 29,23 | | 2.525,23 |
| | | | | | | | **Total:** | **3,977,53** |

Podemos observar que, conforme a distância dos trechos e os desníveis foram aumentando, a precisão da estação total, em relação ao nível óptico foi diminuindo, afirmando que para trechos mais longos e menos planos o nível óptico tem um custo/benefício melhor em relação a estação total, devido a seu custo ser praticamente o mesmo para o levantamento.

## 4. CONCLUSÃO

Ao concluir este estudo, constatou-se que o resultado se mostrou fora da tolerância admitida pela NBR 13.133/94 para o uso do nível óptico, onde para este trecho estudado permite um erro de fechamento de 16,89mm contra os 51mm encontrados, o que vai de encontro com os resultados obtidos por Cantoni (2017), que foram de 46mm para o trecho 1 e de 53mm para o trecho 2, mostrando que o equipamento se matem constante, independentemente da distância que será executado o levantamento. Já para os resultados obtidos com o uso da estação total o erro de fechamento foi de 176mm e ficou dentro da tolerância permitida para o trecho que é de 283,5mm.

O resultado obtido com o uso do nível óptico mostrou-se mais preciso neste trabalho em comparação com os resultados obtidos no estudo realizado por Cantoni (2017), apesar do erro de fechamento ter ficado 302% fora da tolerância admitida de acordo com o que indica a NBR 13.133/94, ainda assim foi 52% e 168% mais preciso em relação as medições realizadas nos trechos 1 e 2, respectivamente. A estação total, em relação aos trechos anteriores, teve uma queda de precisão enorme, tendo em vista que para o trecho 1 e 2 de Cantoni (2017), ela foi 18,30% e 13,40% mais precisa que o nível óptico respectivamente, e para o trecho proposto ela foi 244,90% menos precisa.

Em relação ao tempo de execução por quilômetro, a estação total se mostrou 40,8% mais rápida no tempo total de nivelamento e contranivelamento do trecho, o que não influencia no resultado, pois cada equipamento tem um método diferente de manuseio, que justifica essa diferença.

Apesar de a estação total ter ficado com o erro de fechamento dentro das tolerâncias estabelecidas pela NBR 13.133/94, este erro ainda é 244,90% maior que o erro de fechamento do nível óptico.

Com relação ao custo de cada equipe para o trecho, podemos observar que os dois equipamentos mostraram-se semelhantes, equilibrados pelo tempo de serviço de cada um, onde a estação tem um tempo de execução menor com um custo horário maior, e o nível óptico tem um tempo de execução maior com um custo horário menor, e no somatório dos custos a estação teve uma leve economia de 1,01% em relação ao nível óptico. Levando em consideração a precisão em campo, podemos concluir que o nível óptico tem um custo/benefício melhor que a estação total, o que justifica a recomendação de seu uso para nivelamentos rodoviários, por ser um equipamento mais preciso.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.133, maio de 1994. Execução de levantamento topográfico.

CANTONI, F. Nivelamento de dois trechos rodoviários comparando o custo benefício no uso de nível óptico e estação total, de acordo com as normas do DNIT. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – URI, Erechim, 2017.
DIAS, A.L. *et all*. Utilização de estação total para a execução de levantamentos altimétricos compatíveis com a classe iin da nbr 13133. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Jul. 2010 Recife – PE.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia de Alimentos, Engenharia Química e Química Industrial: Meio Ambiente e Tecnologia

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROGRAMAS DA REDE GLOBO DE TELEVISÃO INFORMAR E SENSIBILIZAM A POPULAÇÃO SOBRE A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

**Andrieli Sadovski Majewski**
**Elcemina Lúcia B. Pagliosa**
**Sônia Balvedi Zakrzevski**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Av. Sete de Setembro, 1621
andrieli.majewki@yahoo.com.br

***Resumo:*** *Na comunicação de massa, a televisão apresenta-se como uma das mais importantes instâncias de informação ambiental da população brasileira. Por isso é imprescindível que as discussões na área ambiental provoquem nos telespectadores a possibilidade de disseminar ações de conscientização, reflexão e de uma visão crítica sobre questões ambientais. Este estudo teve por objetivo avaliar o conteúdo e o discurso das matérias sobre Resíduos Sólidos veiculado pela Rede Globo de Televisão, no período de jan. de 2016 a jun. de 2018. Foram identificadas 35 matérias relacionadas à temática. O conteúdo de cada matéria foi avaliado em relação à qualidade científica, atualização, clareza e adequação da linguagem, contextualização sociocultural, suficiência da quantidade da informação, conhecimentos prévios exigidos para acompanhar o matéria. Porém notamos que não contribuem para a população ampliar o saber sobre os riscos que a falta de saneamento geram para a saúde individual e coletiva.*

**Palavras-Chaves:** *Educação Ambiental, Saneamento básico, Educomunicação.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) constituem hoje um desafiante tema na agenda de políticas públicas ambientais. A gestão e a disposição inadequadas desses resíduos causam conhecidos impactos ambientais e à saúde pública, como poluição e degradação do solo, poluição de corpos d'água e mananciais, intensificação de enchentes devido ao assoreamento de rios e córregos e obstrução de bueiros, proliferação de moscas, baratas, ratos e outros vetores de importância sanitária, aumento no risco de doenças de veiculação hídrica tais como leptospirose e dengue. Há ainda os impactos sociais negativos, como coleta de materiais recicláveis feitas em condições insalubres pelos catadores nas ruas, nos galpões de triagem e/ou nas áreas de disposição final, como lixões (CHERFEM, 2015; JACOBI & BESEN, 2011; SANTOS & GONÇALVES-DIAS, 2012).

Neste trabalho são apresentados os resultados uma pesquisa documental que tem por objetivo avaliar o conteúdo sobre resíduos sólidos e saúde humana, veiculado pela Rede Globo de Televisão. Pesquisas apontam (GUARESCHI, BIZ, 2005), que na comunicação de massa, a televisão se destaca, no contexto brasileiro em função de alguns fatores: i) sua abrangência e alcance em todo o território nacional; ii) facilidade de compreensão da linguagem; iii) poder de influenciar hábitos e costumes. Ela apresenta-se como uma das mais importantes instâncias de socialização de crianças e adolescentes (ANDI, 2009) e por esta razão é imprescindível que as discussões na área ambiental provoquem nos telespectadores a possibilidade de disseminar ações de conscientização, de reflexão e de uma visão crítica sobre questões ambientais (MORALES, BERNADO, SCIENZA, 2014).

## 2. METODOLOGIA

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa documental, que abrangeu as matérias vinculadas pela Rede Globo de televisão no período de jan. de 2016 a jun. de 2018. O trabalho foi conduzido em etapas: i) 1ª Etapa: foram identificadas no site https://globoplay.globo.com/ as matérias exibidas pela emissora que abordaram o tema do estudo. As produções que trataram sobre o tema foram salvas em meio digital e submetidas a uma primeira varredura com intenção panorâmica e descritiva, identificando: tempo de duração, formatos, assuntos desenvolvidos e vozes presentes nos discursos; ii) 2ª Etapa: foi destinada à organização do *corpus* de análise - transcrição dos textos das matérias, buscando registrar o discurso materializado, enquanto palavra, seguindo algumas normas: Escrever em fonte 10, letra Courier New, espaçamento simples, não justificado, não precisa utilizar vírgula e o texto deve ser escrito todo em letra minúscula, quando necessário juntar as palavras com hífen, ex: 2014 dois_mil_e_quatorze; iii) 3ª Etapa: os textos foram

submetidos a um processo de análise do conteúdo, com auxílio do Software Alceste (*Analyse Lexicale par Contexte d'un Ensemble de Segments de Texte*), que possibilita uma análise de conteúdo baseada no levantamento dos principais traços lexicais, e na relação entre estes elementos textuais, formando classes que agrupam as ideias, permitindo avaliar as ideias mais frequentes em cada programa, diante do tema. Ele se vale de cálculos efetuados sobre co-ocorrências de palavras em segmentos de texto. Na base do funcionamento do programa encontra-se a ideia de relação entre contexto linguístico e representação coletiva ou de entre unidade de contexto e contexto típico.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre o tema resíduos sólidos foram identificadas 35 matérias veiculadas por cinco telejornais da Rede Globo de Televisão (Bom Dia Brasil, Jornal Nacional, Jornal do Almoço, Jornal Hoje e Jornal da Globo), totalizando o tempo de 1h 32min, no período de jan. de 2016 a jun. de 2018. O Programa que mais tempo destinou para tratar sobre o assunto foi o Bom Dia Brasil, com o tempo de 52min 35s. Esse telejornal também exibiu o maior número de matérias (16 matérias). Porém notamos que não contribuem para a população ampliar o saber sobre os riscos que a falta de saneamento geram para a saúde individual e coletiva.

A análise lexical dos textos das matérias, realizada com auxílio do *Software* Alceste organizou o corpus de análise em 294 Unidades de Contexto Inicial (UCI), sendo retido para a análise 376 Unidades de Contexto Elementar (UCE). A análise hierárquica descendente reteve 87,24% das UCE do corpus, permitindo identificar uma estrutura discursiva que se organiza em quatro classes de ideias associadas à Resíduos Sólidos (Tabela 1) com o qui-quadrado mais elevado, pois demonstra os valores observados com proporção mais elevada:

**Tabela 1 –** Classes de ideias associadas aos Resíduos Sólidos, dos programas de Televisão da Rede Globo, geradas a partir da análise lexical, realizada com auxílio do *Software* Alceste.

| | **Palavras associadas à classe** | **Frequência na classe** | **Frequência no corpus** | **Qui-Quadrado** |
|---|---|---|---|---|
| **Classe 1:** Importância da separação de resíduos e geração de trabalho | gente | 37 | 56 | 28.86 |
| | orgânico | 11 | 11 | 21.44 |
| | jogado | 19 | 25 | 20.32 |
| | trabalho | 13 | 15 | 18.74 |
| | separação | 14 | 18 | 15.60 |
| | aproveitamento | 6 | 6 | 11.54 |
| | civil | 6 | 6 | 11.54 |
| | reaproveitamento | 6 | 6 | 11.54 |
| **Classe 2:** Importância do Plano de resíduos sólidos municipal | plano | 29 | 31 | 48.78 |
| | Resíduos sólidos | 30 | 34 | 44.48 |
| | Coleta seletiva | 27 | 40 | 19.42 |
| | destino | 12 | 13 | 18.61 |
| | projeto | 10 | 10 | 18.34 |
| | aterro | 12 | 14 | 15.68 |
| | gestão | 10 | 12 | 12.12 |
| | sanitário | 8 | 9 | 11.25 |
| **Classe3:** Resíduos sólidos e proliferação de mosquitos vetores | mosquito | 16 | 17 | 66.99 |
| | *Aedes aegypti* | 16 | 19 | 56.83 |
| | água | 12 | 13 | 48.26 |
| | perigo | 6 | 6 | 26.65 |
| | jogados | 6 | 6 | 26.65 |
| | acumulo | 9 | 12 | 26.01 |
| | doença | 7 | 8 | 25.60 |
| | saúde | 7 | 9 | 21.30 |
| | criadouro | 4 | 4 | 17.67 |
| | dengue | 5 | 7 | 13.13 |
| **Classe 4:** Dificuldades financeiras na coleta e destinação adequada de resíduos sólidos pelos municípios | prefeito | 11 | 14 | 68.53 |
| | dívida | 8 | 8 | 66.79 |
| | reais | 11 | 15 | 62.67 |
| | serviço | 7 | 13 | 25.56 |
| | resolvido | 4 | 5 | 24.90 |
| | município | 9 | 23 | 20.09 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | limpeza | 7 | 18 | 15.24 |

O conteúdo das classes apresenta algumas características principais:

**Classe 1:** Importância da separação de resíduos e geração de trabalho - constituída por 130 UCE, abrange 34.57% do corpus analisado e tem como palavras mais representativas: gente ($X^2$=28.86%), orgânico ($X^2$=21.44%), jogado ($X^2$=20.32%), trabalho ($X^2$=18.74%), separação ($X^2$=15.60%), aproveitamento ($X^2$=11.54%), civil ($X^2$=11,54%) e reaproveitamento ($X^2$=11.54%). Esta classe está mais associada com as matérias apresentadas no Jornal do Almoço.

As matérias destacam a importância da coleta seletiva, não somente pelas questões ambientais, pois visa melhorias econômicas e sociais daqueles envolvidos no processo. Segundo Ferreira et al. (2012), a coleta de materiais recicláveis surgiu da necessidade de gerar recursos para famílias de baixa renda. A reciclagem de resíduos é uma das alternativas para fazer frente ao crescente volume de lixo produzido pela sociedade e contribui para a preservação do meio ambiente.

As matérias informam sobre a importância da compostagem, ou seja, do reaproveitamento dos materiais orgânicos. Conforme IBGE (2010), assim como os resíduos recicláveis, os resíduos orgânicos têm reutilização incipiente no Brasil, sua reutilização em centros de triagem de lixo e/ou de compostagem de matéria orgânica pode gerar substâncias reaproveitáveis, como o adubo orgânico, o que ocorre no então é a não separação correta desse material, perdendo sua capacidade de reutilização.

**Classe 2:** Importância do Plano de resíduos sólidos municipal – constituída por 135 UCE, abrange 35.90% do corpus analisado e tem como palavras principais plano ($X^2$=48.78%), resíduos sólidos ($X^2$=44.48%), coleta seletiva ($X^2$=19.42%), destino ($X^2$=18.61%), projeto ($X^2$=18.34%), aterro ($X^2$=15.68%), gestão($X^2$=12.12%) e sanitário ($X^2$=11.25%). As ideias apresentadas nesta classe estão mais associadas com as matérias apresentadas no Bom Dia Brasil.

O Brasil possuiu uma Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que considera a gestão a partir de aspectos ambientais, sociais, econômicos e sanitários. A Lei estabelece objetivos, diretrizes e instrumentos, dentre os quais se destaca promover, através de uma abordagem integrada, a redução, reaproveitamento e reciclagem dos resíduos (nessa ordem de prioridade), além da coleta seletiva, a compostagem, a logística reversa, a responsabilidade compartilhada, a educação ambiental, a pesquisa científica e tecnológica, o incentivo e apoio às cooperativas de catadores de materiais recicláveis e o monitoramento e fiscalização ambientais.

Um dos principais instrumentos da Política Nacional é o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelecem diretrizes e metas essenciais à gestão de resíduos sólidos no Brasil (BRASIL, 2010). Este Plano instituiu metas que deveriam ter sido cumpridas, em sua maior parte, até 2014. A meta mais ousada, e a de maior impacto num primeiro momento, era a eliminação dos lixões (TEIXEIRA, 2013). Além disso, outras metas importantes foram estipuladas como a redução de resíduos recicláveis secos e a redução dos resíduos sólidos urbanos úmidos dispostos em aterros.

Os planos de gestão devem tratar de questões como coleta seletiva, reciclagem, inclusão social e participação da sociedade civil durante a elaboração, implementação e monitoramento, estabelecendo, inclusive, meios de controle e fiscalização da sua implantação e operacionalização (TEIXEIRA, 2013).

**Classe 3:** Resíduos sólidos e proliferação de mosquitos vetores - constituído por 70 UCE, abrange 18.62 % do corpus analisado e tem como palavras mais representativas: mosquito ($X^2$=66.99%), aedes aegypti ($X^2$=56.83%), água ($X^2$=48.26%), perigo ($X^2$=26.65%), jogados ($X^2$=26.65%), acumulo ($X^2$=26.01%) e doença ($X^2$=25.60%). As ideias apresentadas nesta classe estão associadas especialmente com os telejornais Jornal da Globo e Jornal Nacional.

A proliferação de doenças e epidemias tem relação com a precariedade dos serviços de saneamento, entre eles a deficiência de controle de vetores. (BRASIL, 2013). A principal forma de destinação final vigente no Brasil ainda é o lançamento a céu aberto (IBGE, 2012), ou seja, são simplesmente descarregados sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública, torna-se provável a proliferação de vetores, geração de maus odores, poluição das águas superficiais e subterrâneas, além da falta de controle da composição dos resíduos descarregados (BIDONE, POVINELLI 1999).

Um dos maiores desafios da atual gestão de resíduos sólidos no Brasil é o de eliminar a disposição final inadequada. A maioria dos municípios brasileiros ainda destina seus resíduos a vazadouros a céu aberto (lixões) e a aterros controlados (forma de disposição também inadequada). Mais de 70% dos municípios utilizam tais formas inadequadas de disposição final (IBGE, 2010). Como afirmam Santos e Gonçalves-Dias (2012), essa situação é muito mais crítica nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, as quais apresentam as maiores proporções de municípios que destinam resíduos a lixões.

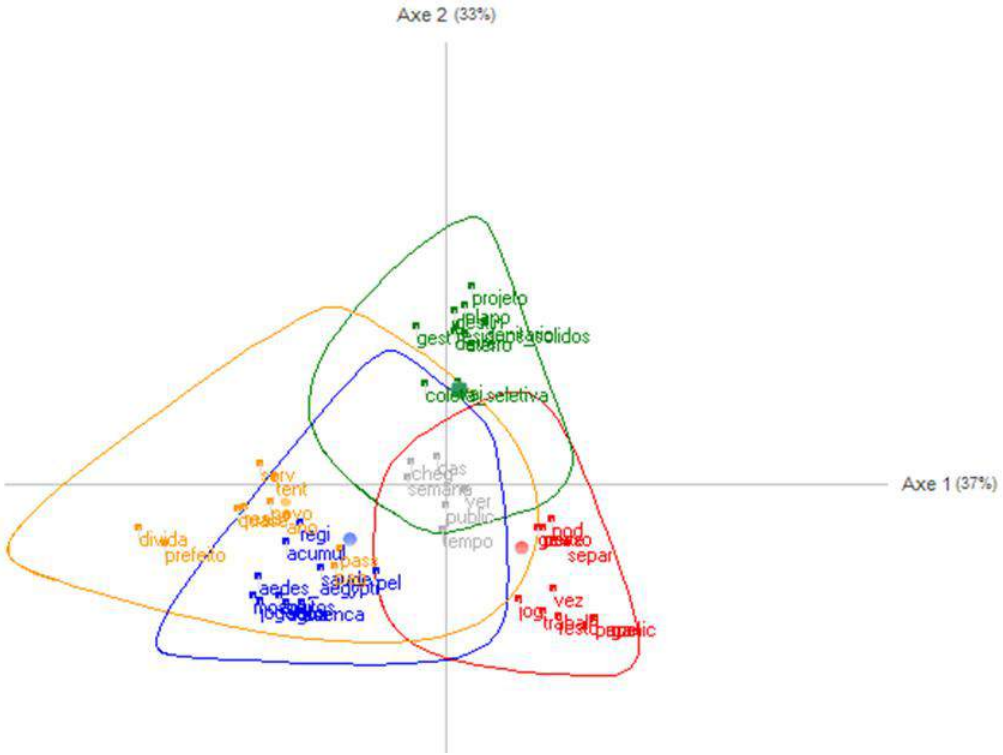
**Classe 4:** Dificuldades financeiras na coleta e destinação adequada de resíduos sólidos pelos municípios - constituído por 41 UCE, abrange 10.90% do corpus analisado e tem como palavras mais representativas : prefeito ($X^2$=68.53%), divida ($X^2$=66.79%), reais ($X^2$=62.67%), serviço ($X^2$=25.56%), resolvido ($X^2$=24.90%), município ($X^2$=20.09 %) e limpeza ($X^2$=15.24%). Esta classe está mais associada com as matérias apresentadas nos Jornal da Globo, Jornal Hoje e Jornal Nacional.

Este corpus mostra que a coleta seletiva é uma atividade que ainda não faz parte da rotina da grande maioria dos sistemas de limpeza pública municipais e que normalmente sendo implantada e operada na forma de programa específico.

Lima (2007) já informava que a adequada gestão dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos no país constituía um grande desafio a ser conquistado pelo poder público e pela sociedade. O impacto econômico se dá pela verba utilizada para a compra de equipamentos, construção de unidades de trabalho e tratamento e disposição de resíduos e, principalmente, pelos incentivos aos setores privados e à população para a efetiva participação no conceito de logística reversa.

A Análise Fatorial de Correspondência, que gera o cruzamento entre o vocabulário e as classes, gerou uma representação gráfica, na qual são vistas as oposições entre classes ou formas. Estas estruturas estão ligadas a distribuição das palavras ligadas ao texto (corpus de análise). Na Figura 1 é possível visualizar as palavras mais representativas de cada classe - Classe 1: separação, trabalho, aproveitamento; Classe 2: resíduos sólidos, coleta seletiva, gestão; Classe 3: acumulo, aedes aegypti, mosquito e na Classe 4: prefeito, divida, serviço.

**Figura 1 –** Análise Fatorial de Correspondência referente às matérias sobre resíduos sólidos apresentados pelos telejornais da Rede Globo de Televisão, no período de jan. de 2016 a jun. de 2018.




Classe 1: Importância da separação de resíduos e geração de trabalho.
Classe 2 : Importância do Plano de resíduos sólidos municipal.
Classe 3 : Resíduos sólidos e proliferação de mosquitos vetores.
Classe 4 : Dificuldades financeiras na coleta e destinação adequada de resíduos sólidos pelos municípios.
**Fonte:** Dados da pesquisa.

Notamos que as ideias das classes de importância da separação de resíduos e geração de trabalho (Classe 1) e a importância do Plano de resíduos sólidos municipal ( Classe 2) estão associadas, assim como as classes de resíduos sólidos e proliferação de mosquitos vetores (Classe 3) com dificuldades financeiras na coleta e destinação adequada de resíduos sólidos pelos municípios (Classe 4) e ambas classes se associam com o tema de resíduos sólidos.

As matérias apresentadas nos programas Como será? e Globo Rural, apresentam potencial para uso em contextos de educação ambiental formal, mostrando ações adequadas de saneamento ambiental – destinação e tratamento de lixo, do esgoto, e tratamento da água.

É inegável a importância dos serviços de saneamento básico, tanto na prevenção de doenças, quanto na preservação do meio ambiente. A incorporação de aspectos ambientais nas ações de saneamento representa um avanço significativo, em termos de legislação, mas é preciso criar condições para que os serviços de saneamento sejam implementados e seja acessível a todos. O Saneamento é um direito fundamental estabelecido pela Constituição Federal Brasileira e é considerado um Direito Humano pela Organização das Nações Unidas, ou seja, o direito a água potável e ao

saneamento básico cumpre papel elementar não apenas para o resguardo do seu próprio âmbito de proteção e conteúdo, mas também para o gozo dos demais direitos humanos (liberais, sociais e ecológicos).

O processo de gerenciamento ambiental, de uma forma geral, deve ser orientado pela participação coletiva. A televisão, como o principal meio de comunicação do Brasil, cumpre esse papel fundamental na educação da população. Por isso é imprescindível que as discussões na área ambiental provoquem nos telespectadores a possibilidade de disseminar ações de conscientização, reflexão e de uma visão crítica sobre questões ambientais.

## 4. AGRADECIMENTOS

À Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica e por oportunizar todas as condições para a realização do estudo.

## 5. REFERENCIAS

Andi, 2009.” Agência de Notícias dos Direitos da Infância. **Infância e Comunicação**: uma agenda para o Brasil. Cartilha. Brasília-DF: ANDI”. 15. Jan. 2018 <http://www.andi.org.br/politicas-de-comunicacao/page/infanci-e-comunicacao>

Bidone, F.; Povinelli, J , 1999. “Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC-USP.Disponível” 16 Jul. 2018 < bdpi.usp.br/item/001045974 >

Brasil, 2010. “ Relatório de Pesquisa Quantitativa. Hábitos de informação e Formação de Opinião da População Brasileira” 17 Jan. 2018 < http://www.fenapro.org.br/relatoriodepesquisa.pdf>

Brasil, 2010. “Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília” 18 Jul. 2018< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>

Brasil, 2013. “Saneamento e Saúde.” 16 Fev. 2018 <http://m.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil-bakup>

Brasil, 2013. “ Fundação Nacional de Saúde. Resíduos sólidos e a saúde da comunidade: informações técnicas sobre a interrelação saúde, meio ambiente e resíduos sólidos /Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa” 17 Jul. 2018 < www.funasa.gov.br/residuos-solidos>

Cherfem, C. O. 2015. “A coleta seletiva e as contradições para a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis: construção de indicadores sociais. “Mercado de trabalho, (59), 89-98. 18 Jul. 2018 < http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catadores.pdf>

Ferreira L. A.; Lopes D. E.; Vidal C. P.; et al. 2012. “Sustentabilidade: A gestão da coleta seletiva no hipercentro de Belo Horizonte.” 17 Jul. 2018 < https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/29916848.pdf>

Guareschi, P. A.; Biz, O. 2005 “Mídia, Educação e Cidadania. Rio de Janeiro: Vozes.”

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística, 2012. “ Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE.”20 Jul. 2018 <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/vocabulario.pdf >

Jacobi, P. R. & Besen, G. R. 2011.“ Gestão dos resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados, 25(71), 135-158.” 19 Jul. 2018 < http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10603/12345>

Lima, R. S. 2007 “Resíduos Sólidos Domiciliares: Um Programa de Coleta Seletiva com Inclusão Social.” Ministério das Cidades. Governo Federal. Brasíli – DF, 17 Jul. 2018 < www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/220/.../residuos-solidos-domiciliares>

Morales. G. A.; Bernardo. C. H. C.; Scienza. C. R. 2014 “Análise da identidade visual do Programa Olhar Ambiental: uma interface entre comunicação e meio ambiente.” *Revista Comunicação Midiática*, v.9, n.1, p.134-156.

Pesquisa, 2010. “Nacional de saneamento básico.” Rio de Janeiro: IBGE, 218 p. Acompanha 1 CD-ROM. 15 Jul.2018 <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/ populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>.

Santos, M. C. L., & Gonçalves-Dias, S. L. F. 2012. " Gestão de Resíduos na cidade de São Paulo: um problema, múltiplas soluções." In B. R. Padovano, M. Namur, & P. B. Sala (Eds.), São Paulo: em busca da sustentabilidade (Vol. 1, pp. 146-159). São Paulo: EDUSP/PINI.

Teixeira, I. 2013."Vamos Cuidar do Brasil: 4° Conferência Nacional do Meio Ambiente – Resíduos Sólidos." Texto Orientador. 2° Edição. Brasília. 16 Jul. 2018. < www.ipea.gov.br/participacao/images/pdfs/conferencias/4CNMA/texto-orientador.pdf >

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelos materiais impresso incluídos neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SORO DE LEITE EM PÓ UTILIZANDO MEMBRANAS DE MICRO E ULTRA FILTRAÇÃO

**Carolina Elisa Demaman Oro**
**Airton Campanhola Bortoluzzi**
**Mateus Baptista Nunes**
**Clarice Steffens**
**Rogério Marcos Dallago**
**Juliana Steffens**
Departamento de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS, Brasil. airton.bortoluzzi@erechim.ifrs.edu.br, mateus.baptistanunes@gmail.com, carolinae.oro@hotmail.com, clarices@uricer.edu.br, dallago@uricer.edu.br, julisteffens@uricer.edu.br

**Marco di Luccio**
Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), R. Eng. Agronômico Andrei Cristian Ferreira, s/n – Trindade, Florianópolis, SC 88040-900, Brasil. di.luccio@ufsc.br

**Marcus Vinícius Tres**
Laboratório de Engenharia de Processos Agroindustriais (LAPE), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Cachoeira do Sul, RS 96508-010, Brasil. marcus.tres@ufsm.br

***Resumo.*** *O objetivo deste trabalho foi utilizar sequência de membranas (MF e UF) no tratamento de efluentes líquidos de indústria de soro de leite em pó. A filtração ocorreu em duas etapas de filtração, sendo que a microfiltração (MF) ocorreu como pré-tratamento para o segundo estágio de filtração utilizando membrana de ultrafiltração (UF). A membrana de MF apresentava diâmetro de poro de 0,20 µm, de configuração fibra oca e a de UF apresentava diâmetro de 5 kDa e configuração tubular. Ambas membranas operaram a 1 bar. O fluxo de permeado foi maior na membrana de MF. Obteve-se eficiências de remoção de cor e turbidez de cerca de 99% para ambas membranas. Já para Demanda Química de Oxigênio tanto a MF como a UF não foram efetivas, pois os valores ficaram acima dos limites previstos na Legislação. Em relação ao Nitrogênio Total (NT) houve redução do mesmo com o uso da UF, mas também não conseguiu atingir o exigido pela legislação. Portanto, conclui-se que o uso de MF seguido de UF não são efetivos na remoção de DQO e NT, necessitando assim de outros estudos, como o uso de outras membras como de nanofiltração e osmose inversa.*

***Palavras-chave:*** *Microfiltração, Ultrafiltração, Eficiência de remoção, Demanda química de oxigênio.*

## 1. INTRODUÇÃO

Entre as indústrias que geram grandes quantidades de efluentes líquidos estão as alimentícias, que requerem vários processos de higienização, o que leva ao descarte de praticamente toda água utilizada e não incorporada ao produto e/ou evaporada no processamento. No ramo alimentício as indústrias de processamento de leite e seus derivados estão entre as maiores poluidoras (Andrade *et al.*, 2014; Brião e Tavares, 2012; Pabby *et al.*, 2015). O maior descarte ocorre na indústria produtora de queijo, onde cerca de 90 % do leite utilizado será convertido em soro (Embrapa, 2012). Em 2014, no Brasil, foram produzidos 1.100 milhões de toneladas de queijo nas Empresas sob Inspeção Federal, que geraram aproximadamente 990 milhões de litros de soro (Abiq, 2014).

Os tratamentos convencionais de efluentes líquidos utilizados nas indústrias de soro são físico-químicos e biológicos (Smithers, 2008). Os processos físico-químicos usuais, tais como decantação, filtração e coagulação/flotação, visam remover sólidos, óleos e gorduras. Já os tratamentos biológicos, principalmente os aeróbios, produzem grandes volumes de lodo e utilizam lagoas que ocupam grandes áreas e operam através da degradação microbiológica, a qual necessita de condições ideais para atingir a eficiência necessária ao tratamento, o que é dificilmente alcançado em regiões de clima subtropical devido às baixas temperaturas (Hamerski, 2012).

Sendo assim, o efluente da indústria de soro de leite merece atenção especial para um tratamento eficiente e, tendo em vista a sustentabilidade. Para tanto, uma das alternativas para atingir os padrões ambientais, reduzir o custo com a água de processo e as áreas de tratamento de efluentes nas indústrias de laticínios é o uso dos processos de separação com membranas (PSM).

Entre as vantagens dos PSM estão a seletividade (a filtração pode ser realizada de acordo com o tamanho do soluto que se deseja reter), o baixo consumo energético (não necessita de mudança de fase e de temperatura), não necessita de aditivos químicos (solventes, correção de pH), fácil escalonamento (testes laboratoriais se reproduzem com fidelidade em escala industrial), simplicidade na operação, entre outros (Pabby *et al.*, 2015).

Nesse sentido, o presente trabalho visou estudar a utilização dos PSM no tratamento dos efluentes líquidos de uma indústria de soro de leite em pó.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O efluente líquido industrial utilizado no presente estudo foi fornecido por uma indústria produtora do soro de leite em pó e creme de leite industrial, localizada no Norte do Estado do Rio Grande do Sul. A coleta do efluente bruto foi realizada imediatamente após o tanque de equalização.

As amostras foram coletadas em galões de 20 L previamente higienizados com água e sabão líquido neutro, as quais foram transportadas até o Laboratório de Tratamento de Resíduos da URI Campus de Erechim, onde, após agitação para garantir a homogeneidade, foram fracionadas e armazenadas em frascos de 1,5 L e congeladas a -18 °C. A cada experimento uma unidade amostral de 1,5 L era descongelada a temperatura ambiente, homogeneizada e filtrada em papel filtro quantitativo de 25 µm (J Prolab, modelo JP40) para remover sólidos que poderiam danificar as membranas e os demais componentes do sistema hidráulico (bombas, válvulas, entre outros). A unidade amostral era descongelada e filtrada para uso imediato nos sistemas de tratamento em estudo. Apenas para aplicação do tratamento físico-químico a filtração era realizada após a etapa de coagulação.

Os experimentos foram realizados com efluente bruto descongelado e filtrado em papel filtro. Os PSM empregados ocorreram sempre em duas etapas de filtração, sendo que a MF (microfiltração) ocorreu como pré-tratamento para o segundo estágio de filtração utilizando membrana de UF (ultrafiltração). A membrana de MF foi cedida pela PAM Membranas Seletivas Ltda, era composta por uma mistura de poli(éter sulfona)/poli(vinil pirrolidona) (PES/PVP), apresentando diâmetro de poro de 0,20 µm, de configuração fibra oca. O permeado da membrana de MF serviu como alimentação para a membrana de UF. A membrana de UF foi adquirida da empresa Pall Corporation, era de cerâmica, de óxido de zircônio de 5 kDa, de configuração tubular. Ambas membranas operaram a 1 bar. Na Figura 1 mostra-se um esquema do sistema de filtração utilizado.

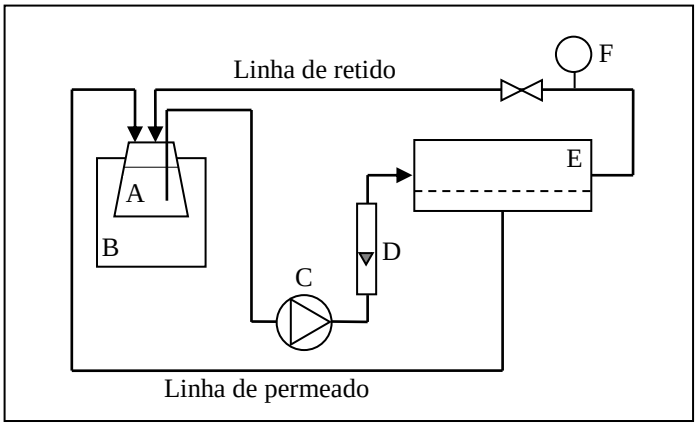



Figura 1. Esquema do sistema de filtração por membranas. Componentes: A - alimentação; B - banho termostático; C – (1) de engrenagens (para MF e UF), D – rotâmetro; E – módulo das membranas de MF e UF; F -manômetro; G válvula reguladora de pressão.

As duas membranas foram avaliadas quanto ao fluxo de permeado, o qual é obtido por meio do volume de permeado em função da área e do tempo de filtração. Os fluxos de permeado foram monitorados a cada 10 min durante 1 h e ao final do período de filtração.

O efluente filtrado com papel filtro e os permeados da MF e UF foram avaliados em termos da eficiência de remoção dos parâmetros de cor, turbidez, DQO (Demanda Química de Oxigênio) e NT (Nitrogênio Total), de acordo com as metodologias descritas no *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Rice *et al.*, 2012).

### 2.1 Determinações analíticas

A cor foi medida utilizando colorímetro (HACH, modelo DR870) a temperatura ambiente (25 ± 1 °C) e comprimento de onda de 420 nm, onde o resultado é dado em mg Pt-Co $L^{-1}$.

A turbidez foi determinada através do método 2130 B, utilizando colorímetro (HACH, modelo DR870) a temperatura ambiente (25 ± 1 °C) e comprimento de onda de 720 nm, onde a unidade do resultado se dá em Unidades de Atenuação de Formazina (FAU).

A determinação da DQO foi realizada segundo o método 5220 D. Em tubos de ensaio com tampas de PTFE (politetrafluoretileno) com rosca, alíquotas de 2,0 mL de amostras foram adicionadas em 2,8 mL de solução digestora de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e sulfato mercúrio ($HgSO_4$) e 1,2 mL de solução de ácido sulfúrico ($H_2SO_4$) e sulfato de prata ($Ag_2SO_4$). Após forte agitação manual para homogeneização a solução foi mantida a 150 °C por 2 h em digestor (fluxo fechado). Assim que a solução atingiu a temperatura ambiente foram realizadas as leituras com colorímetro (HACH, modelo DR870) para o comprimento de onda de 600 nm e com o espectrofotômetro (Logen Scientific, modelo LS-7052-BIV) para o comprimento de onda de 420 nm, cujas curvas se encontram no Apêndice C. O resultado se deu em mg $L^{-1}$.

Para a determinação de Nitrogênio Total (NT) a amostra foi injetada em um forno de alta temperatura (720 °C) com atmosfera altamente oxidante e catalisada por micro esferas de platina, onde todo o nitrogênio era convertido em óxido nitroso ($N_2O$). Esse procedimento foi realizado automaticamente no aparelho Shimadzu (modelo TOC-V CSH), sendo os resultados expressos em mg $L^{-1}$.

### 2.2 Tratamento dos dados

As determinações analíticas foram realizadas em triplicata e os resultados foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e comparação das médias pelo teste e *Tukey* com auxílio do software *Statistica* versão 5.0, ao nível de significância de 95 % de confiança.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os resultados de fluxo para a membrana de MF (a) e UF (b), para a pressão de 1 bar.

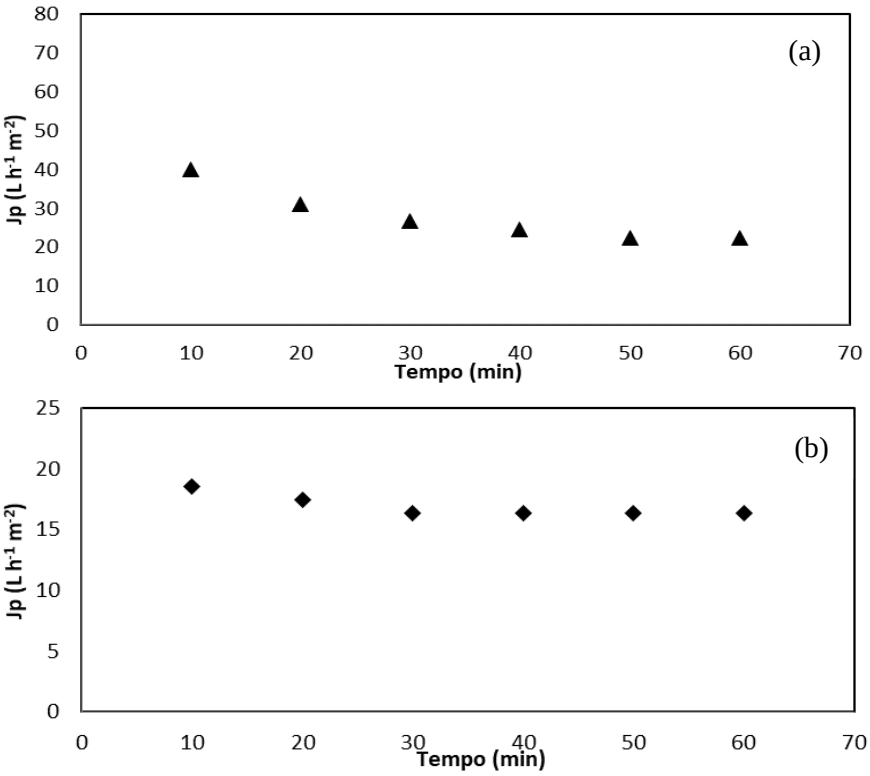



Figura 2. Fluxos de permeado para a membrana de MF (a) e UF (b), para a pressão de 1 bar.

Em relação a membrana de MF (Figura 2a) observa-se que houve polarização por concentração e *fouling* e que esse fenômeno tendeu a se estabilizar a partir de 50 min de permeação, e que o fluxo foi maior quando comparada a membrana de UF. Isto é esperado, pois os poros da membra são maiores. Na membrana UF (Figura 2b) verifica-se um *fouling* irreversível em 30 min até estabilizar o fluxo, mantendo-se constante após esse período.

As alíquotas coletadas antes de cada filtração e os permeados das membranas de MF (módulo 226) e de UF cerâmica (5 kDa) foram analisados em relação à cor, turbidez, DQO e NT e COT e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das análises do sistema de MF (módulo 226) e UF (cerâmica), ambos a pressão de 1 bar.

| Parâmetro | Efluente filtrado | Permeado da MF (módulo 226) | Ef* (%) | Permeado da UF (cerâmica) | Ef* (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Cor (mg Pt-Co $L^{-1}$) | $2508{,}33^{a} \pm 232{,}29$ | $21{,}00^{c} \pm 0{,}00$ | 99,16 | $32{,}00^{b} \pm 4{,}36$ | 98,72 |
| Turbidez (FAU) | $408{,}33^{a} \pm 14{,}43$ | $1{,}67^{c} \pm 0{,}58$ | 99,59 | $2{,}67^{b} \pm 0{,}58$ | 99,35 |
| DQO (mg $L^{-1}$) | $3095{,}00^{a} \pm 229{,}13$ | $2791{,}33^{a} \pm 120{,}55$ | 9,81 | $2244{,}67^{b} \pm 110{,}15$ | 27,47 |
| NT (mg $L^{-1}$) | $85{,}11^{a} \pm 13{,}20$ | $48{,}33^{b} \pm 0{,}57$ | 43,21 | $42{,}74^{c} \pm 2{,}11$ | 49,78 |

*Ef. = Eficiência global de remoção do tratamento (quando negativa significa que houve aumento no parâmetro).**Média ± desvio padrão; letras diferentes em uma mesma linha correspondem a diferença estatística ao nível de significância de $p<0{,}05\%$ pelo Teste Tukey.

Através dos resultados apresentados na Tabela 1 é possível verificar que a MF apresentou reduções de 99,2 % na cor e de 99,6 % na turbidez, atingindo o objetivo de remover materiais particulados e, provavelmente, glóbulos de gordura, uma vez que esses são maiores que 0,5 μm segundo James *et al.* (2003). A UF foi indiferente para a remoção de turbidez, uma vez que os resultados do permeado da MF e da UF para esse parâmetro ficam dentro da faixa de variação do valor mensurado. Houve redução da DQO da MF para a UF, conforme observado por Sarkar *et al*. (2006).

A DQO do efluente bruto e do permeado da MF são estatisticamente iguais segundo o teste de Tukey tendo 95 % de confiança. A DQO de ambos os permeados ficaram acima dos limites previstos na Legislação Estadual para lançamento em corpos hídricos (Rio Grande Do Sul, 2006), que é de 150-400 mg $L^{-1}$.

Em relação ao NT verifica-se que a eficiência de remoção foi baixa, onde a UF apresentou valor de em torno de 50%. De acordo com a Legislação Estadual para lançamento em corpos hídricos (Rio Grande Do Sul, 2006), o valor é de 10-20 mg $L^{-1}$.

## 4. CONCLUSÃO

É possível concluir com os resultados do presente estudo, que a MF seguida da UF não conseguiu atingir a eficiência necessária ao tratamento do efluente estudo. Assim verifica-se a necessidade de novos estudos utilizando diferentes sequências de membranas, principalmente membranas com poros menores como as de nanofiltração e osmose inversa.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

Abiq - Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. 2014.- Mercado de queijos cresce no país e atrai estrangeiros. *Revista Valor Econômico*, São Paulo, out. 2014. Disponível em: <http://www.valor.com.br/agro/3740444/mercado-de-queijos-cresce-no-pais-e-atrai-estrangeiros#ixzz3GtogWXJr>. Acesso em: 20 junho.

Andrade, L.H.; Mendes, F.D.S.; Espindola, J.C.; Amaral, M.C.S. 2014. Nanofiltration as tertiary treatment for the reuse of dairy wastewater treated by membrane bioreactor. *Separation and Purification Technology*, Vol. 126, p. 21-29.

Brião, V.B.; Tavares, C.R.G. 2012. Ultrafiltração de efluente da indústria de laticínios para recuperação de nutrientes: efeito da pressão e da velocidade tangencial. *Brazilina Journal of Food Technology*, Vol. 15, n.4, p. 352-362.

Hamerski, F. 2012. *Partida de um reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) no tratamento de efluentes provenientes de uma indústria de laticínios*. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

James, B.J.; Jyng, Y.; Cheng, X.D. 2003. Membrane fouling during filtration of milk – a microstructural study. *Journal of Food Engineering*, Vol. 60, n.4, p. 431-437.

Pabby, A.K.; Rizvi, S.S.H.; Sastre, A.M. 2015. *Handbook of membrane separations*: chemical, pharmaceutical, food, and biotechnological applications. 2.ed. New York : CRC PRESS.

Rice, G.; Barber, A.; O´Connor, A.; Stevens, G.; Kentish, S. 2009. Fouling of NF membranes by dairy ultrafiltration permeates. *Journal of Membrane Science,* Vol. 330, p. 117-126.

Rio Grande Do Sul, Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA. 2006.*Resolução nº 128*, de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Sarkar, B.; Chakrabarti, P.P.; Vijaykumar, A.; Vijay, K. 2006.Wastewater treatment in dairy industries - possibility of reuse. *Desalination*, 195, p. 141-152.

Smithers, G.W. 2008.Whey and whey proteins - from ‘gutter-to-gold’. *International Dairy Journal*, Vol.18, p. 695-704.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA REUTILIZAÇÃO DO COMPÓSITO $TiO_2/SiO_2$ OBTIDO PELA TÉCNICA SOL-GEL NA ADSORÇÃO/DEGRADAÇÃO DO AZUL DE METILENO

**Elton Luis Hillesheim**
**Victor De Aguiar Pedott**
**Iemedelais Bordin**
**Marcelo Luís Mignoni**
Universidade Regional Integrada – URI Campus Erechim
hillesheim796@gmail.com
v.a.pedott@gmail.com
bordiniemedelais@hotmail.com
mignoni@uricer.edu.br

***Resumo.*** *No presente trabalho foi utilizado a técnica sol-gel que esta ganhando grande espaço na pesquisa, por apresentar algumas caracteristicas vantajosas tais como alta pureza, homogeinidade e porosidade contolada. Está técnica é largamente utilizada na síntese de suportes inorgânicos, que servem tanto para imobilização de óxidos metálicos, como também material adsorvente em residuos aquosos.* ***O*** *objetivo deste trabalho foi estudar a reutilização do compósito $TiO_2/SiO_2$, na adsorção/degradação do azul de metilen.. Os resultados demonstram que há uma grande eficiência na reutilização nos dois métodos de secagem, um seco em estufa e outro seco e calcinado porém a que obteve uma maior eficiência foi o compósito calcinado na estufa a 450°C,essa maior eficiência pode ser explicada pois com a temperatura de 450°C é possivel remover todos os compostos que estão preenchendo os poros do material adsorvente, liberando-os para o próximo reuso, além de ter uma perda consideravel de sólido de 65,5%, é possivel reutilizar o material por até nove vezes tratando 73,20% do azul de metileno, mostrando assim que é possivel reutilizar o material, e podendo ser estudado para ser aplicado em efluentes reais*

***Palavras chave:*** *Compósito $TiO_2/SiO_2$, Sol-gel, Adsorção/Degradação, Azul de Metileno..*

## 1. INTRODUÇÃO

Há muitos anos a sociedade vem se conscientizando e buscando novas formas para fazer a reutilização de catalisadores em vários processos industriais, isto é observado quando analisado o grande número de trabalhos publicados na literatura e, novas pesquisas que vem sendo desenvolvidas na área de materiais. Uma dessas formas é a imobilização de catalisadores metálicos, em diferentes suportes, que podem ser reutilizados visando um maior aproveitamento nos processos aos quais são submetidos. Um suporte que vem ganhando destaque nos últimos anos é aquele obtido pela técnica sol-gel. Estes materiais podem ser utilizados como suportes para a imobilização de várias espécies catalíticas, entre estas os óxidos metálicos, e, estes suportes também podem ser utilizados como adsorventes, desta forma, podem assim ser utilizados em diversos processos de tratamento de efluentes.

No tratamento de águas contendo poluentes orgânicos, os radicais hidroxila gerados na etapa inicial e nas reações de propagação podem desempenhar um papel fundamental na degradação de poluentes. Devido ao seu alto poder oxidante, os radicais •OH podem agir como eletrófilos em reações com compostos orgânicos, atacando as regiões ricas em elétrons e promovendo a degradação dos mesmos (STEFAN, 2018).

Os filtros de adsorção têm o potencial de reter fisicamente os poluentes suspensos, bem como atrair e quimicamente anexar poluentes dissolvidos nas superfícies adsorventes. Adsorção pode ser adotada em métodos de tratamento de águas pluviais, como filtros de drenagem e bioretenção. Desde que sejam utilizados meios eficazes, a adsorção pode ser método de tratamento econômico e de fácil operação (BJÖRKLUND e LI, 2017).

A água residual industrial contém muitas substâncias tóxicas, incluindo íons de metais pesados, compostos orgânicos tóxicos e corantes, que ameaçam a saúde humana e destroem o equilíbrio ecológico. O tratamento de águas residuais tem causado ampla atenção, e muitos caminhos são utilizados neste campo, tais como oxidação, ozonização, coagulação, floculação, separação de membrana e adsorção (DU et al., 2017).

A impregnação de suportes ($Al_2O_3$; $TiO_2$ ; $SiO_2$ ) com metais de transição e/ou óxidos metálicos resulta em um aumento da atividade catalítica. A imobilização do catalisador em suportes é tida como uma maneira de se aumentar a eficiência do processo de ozonização, pelo aumento da área superficial ativa em conseqüência do aumento da densidade de partículas numa área reduzida. Uma das principais vantagens em se utilizar o catalisador na forma suportada é a facilidade de separação das fases sólida-líquida, permitindo o reuso do catalisador várias vezes no mesmo processo e/ou em outros processos oxidativos. Os suportes utilizados, em geral, são minerais de elevada área superficial (acima de 100 $m^2.g^{-1}$) em cujos poros se encontram as partículas do catalisador, que apresentam dimensões na ordem de 2-6 mm (ASSALIN e DURÁN. 2006).

Na fotocatálise, o $TiO_2$ tem sido utilizado como fotocatalisador para a degradação de poluentes orgânicos na água, em função de sua capacidade de gerar radicais hidroxilas em meio aquoso (ANTON e BRAGA. 2015).

Neste contexto, visando a reutilização dos catalisadores, optou-se por utilizar um compósito $TiO_2/SiO_2$ obtido pela técnica sol-gel, contribuindo com o meio ambiente e oferecendo novas técnicas que, auxiliam no tratamento de efluentes, cuja sua principal característica é a pigmentação acentuada. Neste trabalho como molécula modelo foi utilizado o azul de metileno. Para este corante os principais trabalhos na área ambiental são a adsorção ou a fotocatálise, que proporciona a degradação do mesmo.

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

### 2.1 Síntese do compósito $TiO_2/SiO_2$ Obtido pela técnica sol-gel

Para a síntese do compósito $TiO_2/SiO_2$ obtida pela técnica sol-gel foi seguida a metodologia descrita por Ficanha (2015), onde em um bécher foi adicionado 5 mL de tetraetilortosilicato (TEOS), 5 mL de etanol, 1,6 mL de água destilada e 3 gotas do iniciador HCl.

As amostras foram levadas para o shaker, com temperatura de 40 °C, com agitação de 180 rpm durante 90 minutos. Quando utilizado o iniciador ácido, HCl, adicionou-se lentamente ao meio reacional com leve agitação manual 1,75 mL de solução hidrolizante (etanol e $NH_4OH$ 1,0 mol/L), juntamente com 0,2 g de $TiO_2$. Posteriormente as amostras foram deixadas a temperatura ambiente por 24 h. Após esta etapa as amostras ficaram em um dessecador a vácuo por mais 24 h.

Para realizar os testes de reutilização do compósito, foram utilizados 90 ml de azul de metileno, 5 ml de peroxido de hidrogênio, 0,2 g do compósito $TiO_2/SiO_2$ e luz ultra-violeta. Os reagentes foram deixados em um reator sob agitação magnética por 10 min, para fazer a fotocatalise e a adsorção, após os 10 min o conteúdo do reator era filtrado a vácuo, o material sólido foi deixado secar em estufa em uma temperatura de 75 °C por 1h, depois de seco o material foi levado para a mufla onde foi calcinado por 16 h a uma temperatura de 450 °C, depois de calcinado, realizou-se o estudo de reutilização do mesmo nas mesmas proporções já descritas. Porém com o passar das reutilizações foi observado uma perda de massa do sólido (que chegou até 65,5 %), a partir disso optou-se por uma outra metodologia de secagem, onde o conteúdo que estava no reator foi passado para um becher, havendo então a decantação do sólido. Posteriormente, retirou-se o sobrenadante e o sólido foi colocado em estufa em uma temperatura de 200 °C por 3 h, depois de seco o material foi reutiliazado novamente nas mesmas proporções descritas anterirmente.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização do compósito $TiO_2/SiO_2$ por difração de raios X

Após o processo de síntese o compósito sintetizado foi submetido à análise de difração de raios X (DRX), para verificar se houve a impregnação do titânio na estrutura formada, para depois então utilizar os compósitos em ensaios de reuso. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos para o $TiO_2$ puro, e para os sólidos obtidos com e sem o $TiO_2$ utilizando o iniciador da reação de polimerização do sol-gel ácido (HCl).

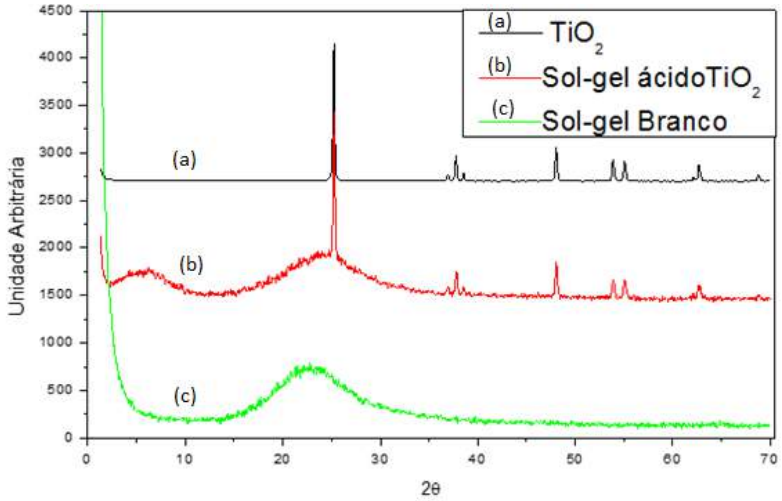



Figura 1 – Resultados das análises de raios X , em (a) $TiO_2$ puro, em (b) sol-gel ácido $TiO_2$ e, em (c) sol-gel branco.

Ao analisar a Figura 1 verifica-se em (a) que a fase presente do Titânio é a fase anatase. Ao analisar-se (b) fica comprovado que houve a síntese do compósito $TiO_2/SiO_2$ empregando a técnica sol gel. O sólido obtido apresenta-se com uma morfologia amorfa (própria para sólidos obtidos pela técnica sol-gel) e apresenta também um pico principal em 26 graus (2 theta) caractirístico do $TiO_2$. Com esta confirmação, proceguiu-se para as próximas etapas reacionais e estudo do reuso.

### 3.2 Fotocatálise e Adsorção do Azul de Metileno

Para os testes de fotocatálise e adsorção foram comparados os dois sólidos por diferentes métodos de secagem. Os resultados obtidos dos testes estão apresentados na Figura 2 e Figura 3 respectivamente.

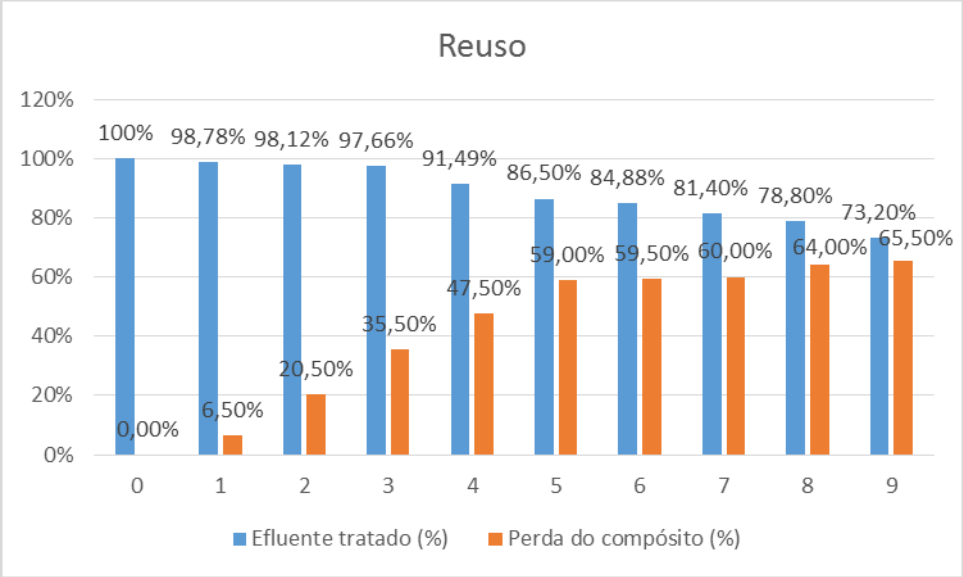



Figura 2- Testes de fotocatalise e adsorção do azul de metileno com o compósito seco em estufa a 75 °C e calcinado a 450 °C.

Observando a Figura 2, é possivel verificar que teve uma boa efiência do compósito seco e calcinado a 450 °C sendo possivel reutilizar por até 9 vezes, porém tendo uma grande perda de sólido durante a etapa de filtração e secagem do sólido. Cabe ressaltar que, mesmo com quase 50 % de perda (reuso 4), a concentração de azul de metileno tratado ainda é muito elevada, chegando a 91,49 %. E que no ensaio 9 a perda já é superior a 65 % e o indice de tratamento ainda é bom, acima de 73 %. Isso mostra evidências que o tratamento esta sendo por ambos os processos, fotocatálise e adsorção. Porem, como a massa do sólido no teste 9 é baixa, evidencia-se que o processo de fotocatálise neste exemplo

é o predominante, pois a massa do sólido é muito pequena para tamanha adsorção em relação a área adsorvente do compósito.

No entanto, para evitar que seja perdido tamanha massa, no decorrer dos experimentos, uma nova rota de secagem foi estudada. Neste estudo não houve mais a filtração sob vácuo como era realizada anteriormente, pois como o tamanho das partículas do compósito são muito pequenas, elas passam pelo papel filtro utilizado e consequentemente a massa para o próximo reuso fica muito comprometida. Desta forma, somente secou-se o sólido como já descrito sem fazer o processo de filtração. Os resultados estão descritos na Figura 3.

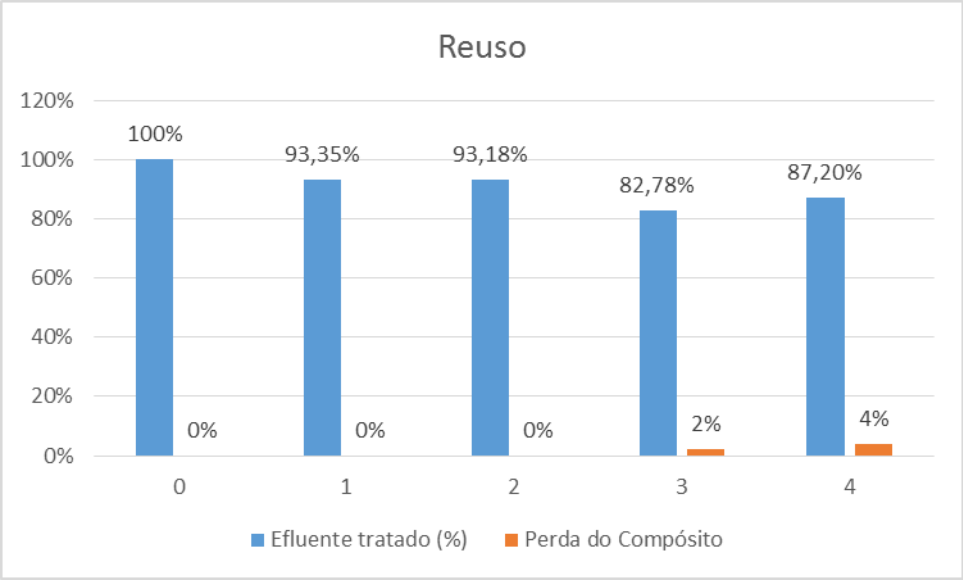



Figura 3 – Testes de fotocatalise e adsorção do azul de metileno com o compósito seco em estufa a 200 °C.

Analisando a Figura 3, é possivel observar que houve uma boa eficiênca do compósito seco em estufa podendo ser reutilizado por diversas vezes tendo pouca perda de sólido durante a etapa de secagem do material. Foram realizadas quatro reações preliminares em que houve uma perda de apenas 4 % do compósito e um percentual de tratamento acima de 87 %.

Comparando as duas rotas de secagem, pode-se observar que o compósito seco somente em estufa teve uma perda menor de massa, porém na reutilização, o mesmo não foi tão eficiente quanto o compósito seco e calcinado. O compósito que foi calcinado teve uma maior eficiência na reutilização mesmo tendo uma perda de 35,5% no terceiro reuso, chegando ao reuso nove teve uma perda de 65,5% de massa do sólido e o compósito seco em estufa no quarto reuso teve uma perda de 4,0% de massa. Essa eficiência observada pode ser explicada pois como o material é também um adsovente, quando o material é calcinado é possivel degradar todos os compostos que estão adsorvidos em seus poros, deixando-os livres para o próximo reuso, já o material seco somente em estufa não é possivel eliminar todos os compostos presentes nos poros do material tendo assim menor área para os compostos se adsorverem consequentemente reduzindo a eficiência do compósito em seus reusos, assim também como os sítios ativos de $TiO_2$, nescessários para que haja a fotodegradação. Neste sentido, novos estudos estão sendo realizados para comprovar tais indicativos.

## 4. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos podemos concluir que o compósito $TiO_2/SiO_2$, apresentou-se eficiente em sua reutilização, podendo ser reutilizado por até nove vezes tendo uma eficiência no tratamento do azul de metileno de 73,20% mesmo tendo uma perda consideravel de massa do sólido. Também que o processo de secagem seguido de calcinação indicam o processo de adsorção do corante. A perda de sólido foi diminuída e os resultados são muito promissores indicando que esté compósito poderá ser utilizado em efluêntes reais, porém, claro, nescessitando de testes com os mesmos.

## 5. AGRADECIMENTOS

Capes, Fapergs, Cnpq e a URI-Erechim

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTON L. B., BRAGA N. A. Nanopartículas de $TiO_2$: síntese pelo método sol-gel e técnicas de caracterização. **Scientia Amazonia,** v.4, n.2, 36-59, 2015.

ASSALIN R., DURÁN N. Novas tendências para aplicação de ozônio no tratamento de resíduos: ozonização catalítica, **Revista Analytica**, dezembro, 2006.

BJÖRKLUND, K.; LI, L. Y. Adsorption of organic stormwater pollutants onto activated carbon from sewage sludge. **Journal of Environmental Management**, April, 2017.

DU, S.; WANG L.; XUE N.; PEI M.; SUI W.; GUO W. Polyethyleneimine modified bentonite for the adsorption of amino black 10B. **Journal of Solid State Chemistry**, May, 2017.

FICANHA, A. M. M., NYARI N. L. D., LEVANDOSKI, K., MIGNONI M. L., DALLAGO R. M. Estudo da imobilização de lipase em sílica obtida pela técnica sol-gel. **Quim. Nova**, Vol. XY, 2015.

STEFAN, M. I. Advanced Oxidation Processes for Water Treatment: Fundamentals and Applications. **IWA Publishing**, 2018.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDUSTRIA DE BALAS: UMA REVISÃO

**Giulia Rodrigues Bareta**[1]
**Greice Kelly Alves**[1]
**Juliana Steffens**[1]
[1]-Universidade Regional Integrada do Alto Uruguais e das Missões – Campus de Erechim, Avenida Sete de Setembro, 1621
giuliabareta@gmail.com, greice_kelly_alves@yahoo.com.br

***Resumo.*** *O tratamento de efluentes é de suma importância em todos os setores industriais e domésticos. A necessidade de se tratar os dejetos que são provenientes das mais diversas fontes é algo rotineiro para as todas industriais, inclusive a de balas. Os principais efluentes delas são os corantes. Para evitar maiores poluições a limpeza desse resíduo se torna indispensável. Existem diversas formas de tratamento de efluentes, como coagulação, floculação e sedimentação, além de equipamentos próprios que fazem a desinfecção. O reaproveitamento destes efluentes é uma maneira sustentável de cuidar do planeta, e economicamente viável.*

***Palavras-chave:*** *efluente, doces, resíduo.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na indústria, a água é utilizada em vários processos, e em geral parte dessa água vai para a natureza novamente com dejetos, suja, sem condições de uso e, quando chega aos rios, está muito contaminada, resultando na sua poluição. As características dos detritos industriais variam dependendo do tipo da indústria e pelo tipo de processo industrial usado (Sperling, 2005).

Efluente é a água que sobra, de processos industriais ou uso doméstico, com substancias orgânicas ou inorgânicas (Zaharia e Suteu, 2012). O uso da água pela indústria, ocorre de diversas formas, como pela incorporação ao produto, lavagens de equipamentos, sistemas de refrigeração/vaporização, além de esgotos sanitários (Giordano, 2004).

O sistema de tratamento de efluentes se baseia então, na transformação dos poluentes dissolvidos, e em suspensão, em gases inertes e/ou sólidos sedimentáveis. Para isso, e diante de muitos estudos, é preciso conhecer o princípio das operações unitárias utilizadas, assim como a associação das mesmas com os processos de tratamento que serão posteriormente utilizados (Giordano, 2004).

Além da importância do tratamento de efluentes, a economia de água vem recebendo mais atenção no que diz respeito aos processos produtivos (Kunz et al., 2002). Entre as tecnologias alternativas existentes, a nanofiltração recebe certo destaque, onde é um processo físico de tratamento, por membranas. Uma das vantagens é a de não gerar subprodutos, facilidade, baixo custo de operação (Vicari et al., 2012).

Para Ancol (2003), a indústria de alimentos no Brasil, tem se desenvolvido em grande ritmo, alcançando padrões internacionais de qualidade, além de posições significativas em rankings mundiais de mercado. Um exemplo claro, é a indústria de balas, grande consumidora de corantes alimentícios (Moretto, 2011).

Em 2004, o faturamento no setor de Doces foi de R$ 8 bi, sendo distribuídos entre chocolate (R$4,7 bi), balas, confeitos e gomas de mascar (R$2,5 bi) e amendoins (R$836 mi), segundo dados da ABICAB – Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados (2018).

A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), tem como objetivo então, tratar todo o efluente líquido das indústrias, diminuindo a poluição e resíduos, até níveis aceitáveis, pré-determinados em legislação, para depositar no meio ambiente (Bresolin, 2007).

Percebe-se então que há uma grande necessidade de se tratar melhor os efluentes que as indústrias geram, sendo praticamente impossível elimina-los 100%. Diversos métodos estão sendo desenvolvidos para conseguir reduzir custos, e danos ao meio ambiente.

Diante do que foi exposto, o objetivo do presente trabalho é discorrer a respeito de como se é tratado os efluentes de indústrias alimentícias no Brasil, com enfoque principal na indústria de balas e doces.

## 2. TIPOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES

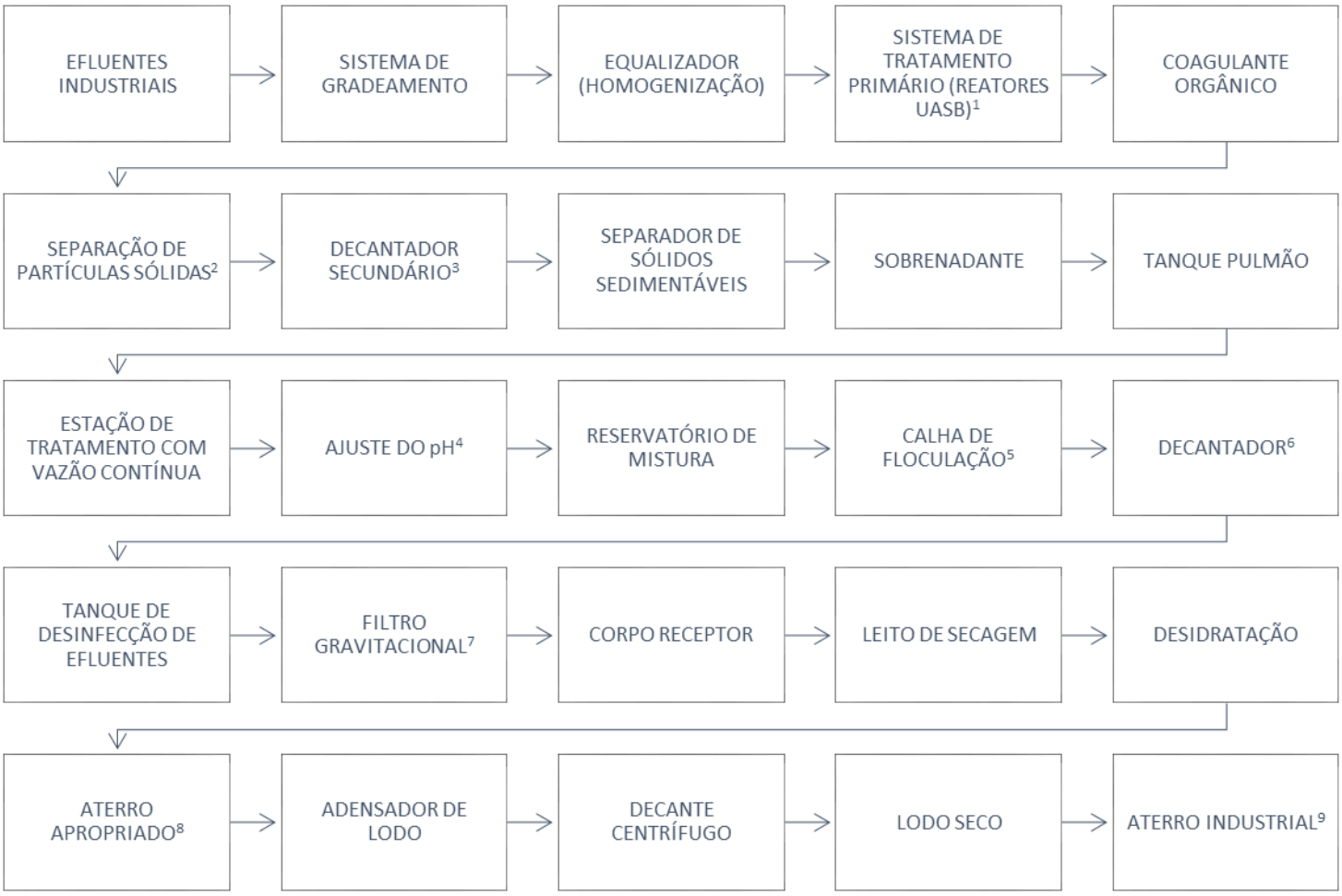
Os sólidos sedimentáveis são chamados de lodo ativado. Após o tratamento no reator, a massa biológica é separada do líquido em um decantador, sendo parte dos sólidos biológicos reciclados e parte descartada no sistema. Quando os tratamentos primários e secundários não são suficientes, usa-se o tratamento terciário, que utilizam produtos químicos e técnicas mais arrojadas e por isso são mais caros que os outros. Nessa etapa, são removidos por filtração os sólidos em suspensão, resquícios da etapa secundária. No tratamento de efluentes, é possível usar reatores anaeróbios, especialmente para o tratamento de efluentes da agroindústria de natureza carboidratada (Koetz et al., 1995; Chernicharo, 1997).

Os tipos de tratamento se classificam em físicos, químicos e biológicos, de acordo com a natureza dos poluentes a serem removidos e/ou das operações unitárias usadas para o tratamento.

- Processos físicos: remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis, e flutuantes, por gradeamento, peneiramento, sedimentação, flotação. Ocorre a remoção da matéria orgânica e inorgânica em suspensão coloidal;
- Processos químicos: uso de agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção;
- Processos biológicos: se transforma a matéria orgânica dissolvida e em suspensão em sólidos sedimentáveis e gases, por processos aeróbios, facultativos ou anaeróbios (Tera Ambiental, 2013).

## 3. TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDUSTRIAS DE BALAS E DOCES

O Fluxograma 1 traz uma esquematização do funcionamento o tratamento de efluentes na indústria de balas e doces convencional.




Fluxograma 1. Sistema de Tratamento de Efluentes na Industria de Balas e Doces.
Fonte: Águas Claras Engenharia, 2018.

[1] Os reatores UASB são de manta de lodo, instalados para operar em paralelo; no canal de alimentação dos reatores é instalado uma tubulação de retorno para o equalizador que proporciona o ajuste da vazão de alimentação dos reatores.

[2] Possui repartições de digestão e adensamento do lodo orgânico, segue para o reator de lodo ativado com remoção de nutrientes; no compartimento aeróbio do reator, o líquido sobrenadante é coletado.

[3] No decantador secundário uma parte do lodo biológico decantado é conduzido para o compartimento anaeróbio no início do reator e outra parte para descarte no decantador primário onde é submetido aos processos de digestão e adensamento.

[4] No canal de alimentação da estação de tratamento físico-químico é inserida uma solução alcalinizante para ajuste do pH; após o ajuste do pH, que deve ficar com um valor entre 9,0 e 10,0, o líquido estabilizado entra em um reservatório.

[5] É colocado uma solução floculante que reduz o pH para um valor entre 6,5 e 7,5 e após insere-se um polímero auxiliar de coagulação. O líquido passa pela calha de floculação, que tem uma série de paredes internas.

[6] Se força a passagem do líquido em um fluxo recurvado e permite um tempo de residência ideal para a formação apropriada dos flocos.

[7] Impede-se o fluxo livre das partículas e dificulta-se a sua entrada para a zona de líquido límpido, na superfície.

[8] O filtro é composto de uma camada suporte de brita e de um leito de carvão, que retém os sólidos e remove outras impurezas indesejáveis que, por acaso, forem arrastadas, garantindo que o tratamento seja eficiente.

[9] O aterro deve ser devidamente licenciado pelo órgão ambiental vigente (Águas Claras Engenharia, 2018).

Dentre as principais etapas do tratamentos dos efluentes da indústria de balas podemos citar: o sistema de gradeamento, os reatores UASB, separadores de partículas, e secagem.

## 4. MECANISMOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO

Os processos físico-químicos de coagulação, floculação e sedimentação são muito usados na remoção de impurezas coloidais. Partículas coloidais são substâncias húmicas e microrganismos que em geral apresentam cargas negativas na água. Quando duas partículas coloidais se aproximam, elas atuam sobre forças de atração e repulsão, que impedem a aglomeração entre as partículas e a consequente formação de flocos. A coagulação química é o resultado da ação combinada de quatro possíveis mecanismos distintos: a) compressão da camada difusa; b) adsorção e neutralização; c) varredura; d) adsorção e formação de ponte (Di Bernardo & Dantas, 2005).

A adsorção-neutralização de cargas é usada por meio de tecnologias de filtração direta, já que não tem necessidade da produção de flocos para posterior sedimentação ou flotação, mas sim, de partículas desestabilizadas que serão retidas no meio granular dos filtros. O mecanismo da varredura é usado quando tem-se a floculação e a sedimentação (ou flotação) como processos subsequentes, sendo caracterizado pela utilização de altas dosagens de coagulante. Em geral, os flocos obtidos com esse mecanismo são maiores e sedimentam com mais facilidade. A floculação é um processo físico que acontece logo depois da coagulação. Com intuito de formar flocos maiores, ou um aglomerado de partículas parecidas com um feixe de partículas fibrosas e porosas. Esta etapa de aglomeração é resultado dos choques das partículas devido à agitação suave no meio através de gradientes de velocidade. Os contatos provocados permitem que os flocos aumentem em tamanho e densidade, tornando-os mais fáceis de sedimentarem (Girard, 2009).

A sedimentação é conhecida como o fenômeno físico que, por meio da gravidade, fazem a separação das partículas do meio líquido. Quando os flocos já estão juntos eles começam a sedimentar devido à ação da gravidade. Conforme ocorre a sedimentação, os flocos vão encontrando novas partículas e por fim atingem o fundo da câmara de sedimentação, formando o lodo. A determinação do melhor coagulante a ser usado e sua aplicação são muito importantes no tratamento de efluentes industriais. Inexiste uma regra geral de qual coagulante é mais eficaz. Deve-se analisar cada caso como único, e para isto se faz o ensaio de jarros, onde verifica-se a eficácia dos produtos. Os coagulantes mais empregados são os inorgânicos, que são sais trivalentes de ferro e alumínio (Silveira, 2010).

## 5. CONCLUSÃO

Diante da necessidade de se tratar os resíduos e efluentes produzidos pelas indústrias, e da constante busca pela sustentabilidade do meio ambiente, o tratamento de efluentes é algo ainda em ascensão no Brasil.

A indústria de balas produz diversos tipos de resíduos, e o principal meio de tratamento é nas estações, com a utilização de reatores do tipo UASB.

Há uma crescente busca para alternativas destes métodos, e procura-se também formas de reaproveitar esses resíduos. É uma função do Engenheiro de Alimentos estudar o processamento da empresa, e apontar opções que possam ser úteis.

## 6. REFERENCIAIS

ABICAB – Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados. 4 Jul. 2018 <http:// http://www.abicab.org.br/paginas/balas/balas-e-gomas/>.

ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. Tratamento de Efluentes em Indústrias de Balas e Doces. 29 Mai. 2018 <http://www.aguasclarasengenharia.com.br>.

ANCOL. 2 Jun. 2018 <http://ancol.com.br/anjaragua/2003/jun/18>.

BRESOLIN, Rafael. "Tratamento de Efluentes e Produção de Chicle da Peccin S.A.". Relatório final de estágio. Universidade Federal de Pelotas. 2007.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. v. 5. Reatores Anaeróbios. Departamento Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG), 1997.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2005. 2. ed. São Carlos, SP: RiMa. 2 v.

GIORDANO, Gandhi, Tratamento e controle de efluentes industriais. 2004. Revista ABES, v. 4, n. 76. Rio de janeiro.

GIRARD, F.; Tratamento de vinhaça utilizando coagulantes naturais. 98 f. Dissertação. 2009. (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá.

KOETZ, Paulo R., FARIA, Osvaldo, L.V. WOLNEY, A. Tratamento de efluentes homogeneizados de curtume por digestão anaeróbia em reatores de fluxo ascendente. Revista Brasileira de Agrociência, v. 1, n. 1, p. 20-30, 1995.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N.; Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química Nova, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 78-82, fev. 2002.

MORETTO, Diogo. "Avaliação Da Remoção De Pigmentação De Calda De Indústria De Balas Utilizando Peróxido De Hidrogênio Promovido Com Íon Hidroxila". 2011. Dissertação de mestrado. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus de Erechim.

SILVEIRA, Gustavo E. "Sistemas de Tratamentos de Efluentes Industriais". Trabalho de Conclusão de Curso. 2010. UFRGS. Dezembro.

SPERLING, Marcos V. Princípios do tratamento biológico de águas residu- árias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. [Belo Horizonte]: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v. 1

TERA AMBIENTAL. Como funciona o tratamento de efluentes. 2 Jun. 2018 <http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/338190/como-funciona-o-tratamento-de-efluentes-industriais>.

VICARI, Matheus B.; BRIÃO, Vandré B.; MIORANDO, Taizi; TONDELLO, Tiago. Avaliação da Eficiência de Remoção de Corantes de Indústrias de Balas por Nanofiltração. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. 2012. Bento Gonçalves – RS, Brasil.

ZAHARIA, C.; SUTEU, D. Coal fly ash as adsorptive material for treatment of a real textile effluent: operating parameters and treatment efficiency. 2012. Environmental Science And Pollution Research, n. 4, p. 2226-2235
v. 20.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PERCEPÇÕES DE CRIANÇAS DA REGIÃO DO ALTO URUGUAI GAÚCHO SOBRE A IMPORTÂNCIA DA MATA CILIAR

**Janice Cominetti**
**Jessica Morgan Anselmini**
**Isabel Dahmer**
**Sônia Balvedi Zakrzevski**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Av. Sete de Setembro, 1621
janicominetti@hotmail.com

***Resumo:*** *Esta pesquisa tem por objetivo diagnosticar as percepções de estudantes que estão cursando o 5º ano do Ensino Fundamental, na região do Alto Uruguai Gaúcho sobre a importância da vegetação ripária. O estudo foi desenvolvido na região do Alto Uruguai, RS, envolvendo 40 estudantes, dois municípios essencialmente urbanos e dois municípios essencialmente rurais. Participaram do estudo 80 estudantes matriculados no 5º ano do ensino fundamental. A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário com questões abertas e fechadas sobre a temática e os dados foram submetidos a análises estatísticas. O estudo evidenciou que a escola é compreendida pelos estudantes como a principal fonte de informação sobre o tema abordado, por meio das disciplinas vinculadas às áreas do conhecimento das Ciências da Natureza e Ciências Humanas. Os participantes afirmam que a sociedade não conserva a mata ciliar e possuem a noção que a ausência causa prejuízos socioambientais.*

***Palavras - Chave:*** *Ensino de Ciências da Natureza. Meios de comunicação. Mata ciliar.*

## 1. INTRODUÇÃO

A vegetação ripária consiste na vegetação existente ao redor dos recursos hídricos, como, por exemplo, rios, riachos, represas, nascentes e áreas úmidas (Rizzo, 2007). Ela também é conhecida como mata ciliar, vegetação ribeirinha, vegetação ripária, floresta de galeria, floresta paludosa e floresta de várzea (Alvarenga, 2004).

As matas ripárias são formações vegetais que se encontram associadas aos corpos d'água como rios, lagos, córregos e áreas úmidas, sendo também conhecida como mata galeria, mata de várzea, vegetação ciliar e formação ribeirinha (Sema, 2007). Ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos, sendo um ambiente que representa uma grande diversidade ecológica (Teles, 2010). Elas permitem a construção de caminhos para os animais de vida selvagem (Martins, 2001; Araújo, 2002).

São muitas as funções ambientais destas formações vegetais, envolvendo a manutenção da qualidade da água, a estabilidade do solo frente aos processos erosivos, fornece alimento para a fauna aquática e silvestre (Broadmeadow e Nibest, 2004). Essa vegetação evita a entrada de substâncias contaminantes nos rios (Campos e Mathias, 2010), atua na modificação dos processos químicos e biológicos (Simões, 2001), na manutenção da estabilidade térmica dos cursos d'água (Fritzsons, 2004), e diminuição da perda de nutrientes do ambiente aquático e terrestre (Schilling e Jacobson, 2014). Reconhecida como agente regulador da vazão fluvial e consequentemente das cheias, além serem importantes preservadoras das condições sanitárias que contribuem para o desenvolvimento da vida humana (Souza, 2013). Ou seja, a vegetação ripária auxilia na preservação dos mananciais hídricos fluviais, os quais desempenham importantes funções sociais e ecológica por meio do abastecimento público, irrigação, uso industrial, preservação da biodiversidade e manutenção do equilíbrio ecológico (Avila, 2011).

A vegetação ripária na legislação brasileira faz parte das Áreas de Preservação Permanente (APP). É considerada de grande importância nas leis, decretos e resoluções, que diante de sua importância para ambientes aquáticos e terrestres visam sua preservação (Silva, 2011). A Lei 12.651 de 2012, também conhecida como Novo Código Florestal define as como: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas (Brasil, 2012).

Esta pesquisa tem por objetivo diagnosticar as percepções de estudantes que estão cursando o 5º ano do Ensino Fundamental, na região do Alto Uruguai Gaúcho sobre a importância da mata ciliar. A expressão "mata ciliar" está sendo adotada neste estudo, por ser o termo utilizado na região onde a pesquisa foi desenvolvida.

## 2. METODOLOGIA

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa diagnóstico-avaliativa, que foi desenvolvida na região do Alto Uruguai Gaúcho/RS. Foram abrangidos na pesquisa estudantes de quatro municípios, sendo dois municípios essencialmente urbanos (MEU) e dois municípios essencialmente rurais. De cada município foi sorteada uma escola pública urbana e uma escola pública rural. De cada escola participaram 20 estudantes matriculados no 5º ano do ensino fundamental. Foram envolvidos no estudo os estudantes de uma turma de cada escola, sorteada entre as turmas das séries. Ao todo foram envolvidos na pesquisa 80 estudantes; destes: i) 71 residem no meio urbano e 9 no meio rural; ii) 58 estudantes são do gênero feminino e 32 do gênero masculino.

A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de um questionário constituído por: questões fechadas; questões de listagem de ideias/opiniões e numeração das mesmas em ordem de importância e questões abertas sobre a importância da mata ripária para os recursos hídricos e para a biodiversidade. Ela foi realizada após: a) aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da URI; b) apresentação da proposta de pesquisa às Escolas onde os questionários foram aplicados, buscou-se a autorização para a realização do estudo na sede da entidade; c) apresentação da proposta de pesquisa aos participantes e/ou responsáveis (tema, objetivos, justificativa, metodologia, riscos e benefícios) para a realização da mesma: para os pais dos estudantes a proposta de pesquisa foi apresentada, pela pesquisadora, em reunião organizada pelas direções das escolas; d) assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos participantes do estudo e/ou responsáveis: os Termos de Assentimento dos Pais e/ou Responsáveis foram encaminhados pela escola aos pais dos estudantes para autorização. Apenas os estudantes que tiveram autorização de seus pais e os mesmos (estudantes) concordarem em participar da pesquisa, assinando o termo de Assentimento, foram envolvidos no estudo; e) aplicação do instrumento de pesquisa.

Para a caracterização da população pesquisada foi calculada as distribuições de freqüência e médias das variáveis. As questões abertas e de listagem livre de ideias foram submetidas a um processo de análise de conteúdo e as categorias identificadas para cada questão foram convertidas em parâmetros para análise estatística descritiva (porcentagem e média).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 O contato dos estudantes sobre o tema

Quando questionados se já ouviram falar sobre o tema mata ciliar, 96,25% dos participantes afirmaram positivamente. A escola é apresentada pelas crianças como a principal fonte de informação sobre o assunto (citada por 91,25% dos participantes), seguida pela televisão (57,5% dos estudantes) e a família (mencionada por 17,5%)

Foram listados seis programas de televisão da Rede Globo que tratam sobre o assunto, com destaque para o Globo Rural (citado por 21% das crianças que comentaram sobre a emissora) e o Campo e Lavoura (citado por 15,8% dos participantes). O programa Globo Rural utiliza-se de muitos recursos gráficos, como mapas (para orientar o telespectador, na localização de uma cidade, por exemplo). As reportagens são dinâmicas, muito parecidas com o telejornal tradicional. Porém, Leme (2014) nos alerta que os personagens utilizados nas reportagens exibidas no programa, muitas vez são grandes produtores rurais.

No Brasil, conforme dados da Secretaria de Comunicação Social (2016), a televisão é o canal de comunicação mais utilizado pela população, sendo citada por 89% da população como a 1ª ou 2ª fonte de informação, seguida pela internet (que foi citada por 49%) e pela rádio (30%). A televisão é assistida diariamente por 77% da população brasileira, sendo que os canais abertos são os mais acessíveis e assistidos. A Rede Globo é citada como a 1º opção de informação por 56% da população, seguida pela Record (12%) e SBT (11%).

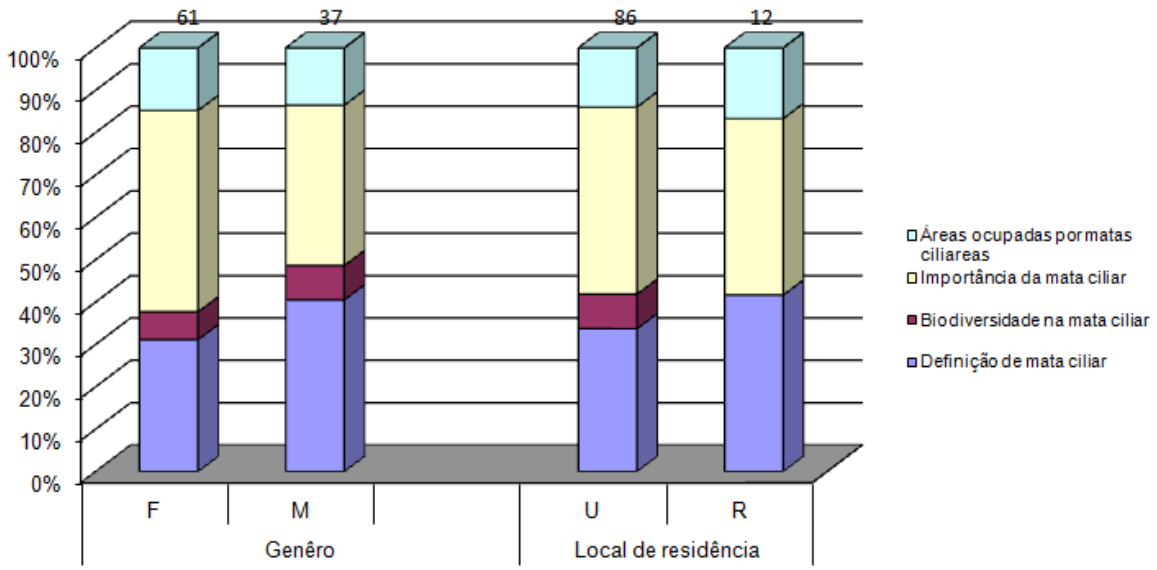
Ela apresenta-se como uma das mais importantes instâncias de socialização de crianças e adolescentes (Andi, 2009) e por esta razão é imprescindível que as discussões na área ambiental provoquem nos telespectadores a possibilidade de disseminar ações de conscientização, de reflexão e de uma visão crítica sobre questões ambientais (Morales et al, 2014).

### 3.3 O estudo sobre a vegetação ripária na escola

A escola é um espaço privilegiado para estabelecer conexões e informações, como uma das possibilidades para criar condições e alternativas que estimulem os alunos a terem concepções e posturas cidadãs, cientes de suas responsabilidades e, principalmente, perceberem-se como integrantes do meio ambiente. A educação formal é um espaço importante para o desenvolvimento de valores e atitudes comprometidas com a sustentabilidade ecológica e social (Lima, 2004) e por meio da Educação Ambiental é possível mudar atitudes, permitindo ao aluno construir uma nova forma de compreender a realidade na qual vive, estimulando a consciência ambiental e a cidadania (Guedes, 2006). E, é papel da escola, em especial do ensino de Ciências o estudo sobre os ecossistemas locais entre eles os ecossistemas ripários.

Os dados da pesquisa apontam que 91,25% dos estudantes trataram sobre o tema na escola. Quando questionados sobre as disciplinas escolares que estudam sobre o tema, os jovens fizeram 105 citações de disciplinas vinculadas com três áreas do conhecimento, com destaque para a área de Ciências da Natureza, citada por 57 estudantes (71,25% dos participantes), seguida da área de Ciências Humanas (citada por 55% dos participantes), e da Área de Linguagens (citada por 5%).

Com relação aos temas estudados 53,75% citam a importância da mata ciliar; 42,5% a definição de mata ciliar (42,5%); 17,5% áreas ocupadas por matas ciliares; 8,75 a biodiversidade da mata ciliar "Fig. 1".

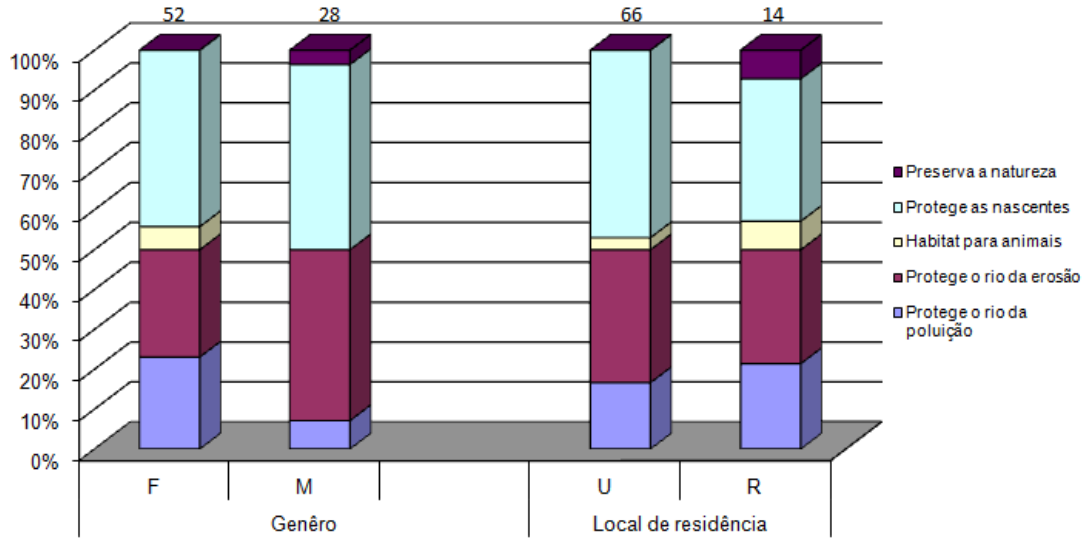



Obs.: Os números na parte superior das colunas indicam o número total de respostas múltiplas apresentadas pelo grupo pesquisado.

Segundo Layrargues (2006) a educação ambiental deve ser implementada primeiramente nas escolas, pois é nesse ambiente que os menores indivíduos de uma sociedade passam boa parte do tempo e em contato com novos conceitos. O contato com temas relacionados à conservação da mata ciliar será melhor assimilado pelos alunos durante essa fase, pois é quando estarão mais aptos a receber conhecimento e formar seu pensamento critico (Oliveira et al, 2013).

### 3.4 Conhecimentos sobre vegetação ripária e conservação

Quando questionados sobre a importância da vegetação ripária, 73,75% dos participantes afirmaram conhecer os serviços ambientais por esta prestados. Segundo 45% das crianças, a vegetação ripária tem como função proteger as nascentes; 35% afirma que protege os rios da erosão; 17,5% que protege o rio da poluição e 3,75% que serve de habitat para animais "Fig.2".

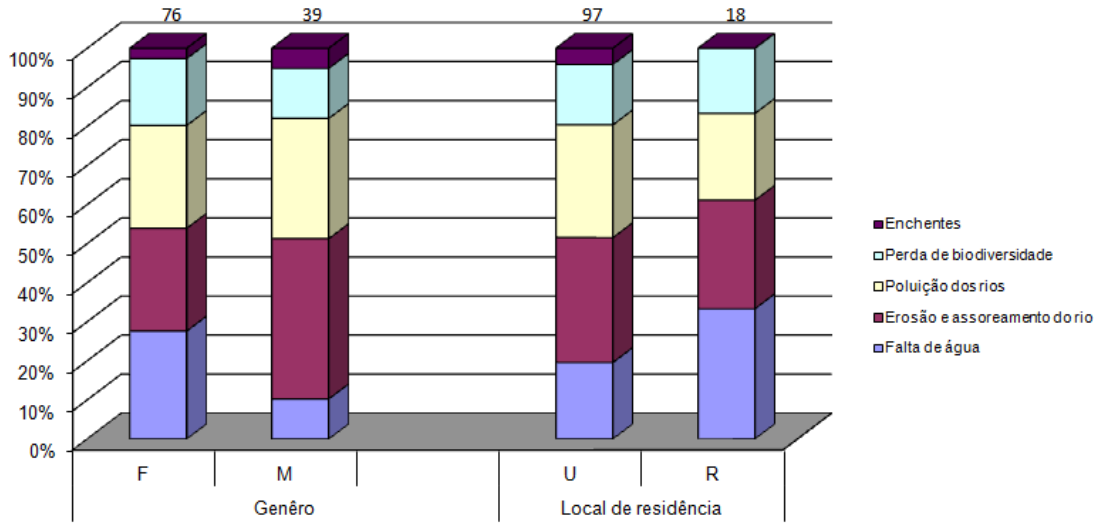



Os dados apontados demonstram que as percepções das crianças são próximas às ideias científicas sobre o tema. Pesquisas apontam que a vegetação ripária contribui para diminuir a ocorrência do escoamento superficial, que pode causar erosão e arraste de nutrientes e sedimentos para os cursos d'água e manutenção da qualidade da água (Melo et al. 2011). São importantes, também, como corredores ecológicos, ligando fragmentos florestais e, portanto, facilitando o deslocamento entre as populações de espécies de animais e vegetais (Martins, 2001).

Segundo a percepção da maioria dos estudantes (81,25%), a sociedade não conserva a vegetação ripária. Ou seja, as crianças, possuem a noção de que vegetação ripária vem sofrendo pressão antrópica pelo processo de urbanização, pela construção de hidrelétricas, pela abertura de estradas, assim como para a implantação de culturas agrícolas e de pastagens. Não fazem referência à legislação, mas reconhecem que a degradação da mata ciliar, resulta em vários problemas ambientais.

Para as crianças os motivos que levam a destruição da vegetação ripária são: i) os resíduos gerados pelas atividades agrícolas, citada por 45% dos estudantes, ii) poluição gerada pelo lixo jogado nas margens de rios, citada por 22,5%, iii) falta de conscientização das pessoas, citada por 18,75% dos estudantes e iv) desmatamento para construções diversas, citado por 13,75%.

A maioria dos estudantes (75%) afirma que a ausência da vegetação ripária causa prejuízos socioambientais: a erosão, citada por 45% das crianças; a poluição dos rios, citada por 40%; a erosão e assoreamento, citada por 31,25%; a perda da biodiversidade, citada por 22,5% e as enchentes, citada por 5,% "Fig.3".



As ideias das crianças são corroboradas pelos dados de estudos acadêmicos. Pesquisas apontam que a ausência desta vegetação causa inúmeros problemas socioambientais: erosão, assoreamento, enchentes o qual trazem inúmeras consequências diretas e indiretas ao homem, como a perda da diversidade biológica, da qualidade da água e o comprometimento de empreendimentos de necessidade pública (Carvalho, 2009).

## 4. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem pelo apoio institucional da URI Erechim. Também são gratos às escolas e aos estudantes participantes da pesquisa.

## 5. REFERENCIAS

Alvarenga, A. P., 2004 "**Avaliação inicial da recuperação de matas ciliares em nascentes"**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) UFL.

Andi. Agência de Notícias dos Direitos da Infância. Infância e Comunicação: uma agenda para o Brasil. Cartilha. Brasília-DF: ANDI, 2009. Disponível em: <http://www.andi.org.br/politicas-de-comunicacao/page/infanci-e-comunicacao> Acesso em: 15. Jan. 2018

Araújo, E. L. et., al., 2002. **"Diagnóstico da Biodiversidade do Estado de Pernambuco"**. Recife: Massagana.

Avila, A. L. et al., 2011. Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 251-260.

Brasil., 2012 Código florestal. Brasília. Acesso em: 10 de set de 2018. Disponível em: <http://codigoflorestal.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2012/11/novo-codigo-florestal.pdf>.

Broadmeadow, S.; Nibest, T. R., 2004.The effects of riparian forest management on the freshwater environment: a literature review of best management practice. Hidrology and Earth System Scienc, v. 8, n. 3, p. 286-305.

Campos, F. F.; Matias, L. F. 2010. **"Mapeamento das áreas de preservação permanente (APP's) e sua situação atual de uso e ocupação no município de Paulínia (SP)".** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 p. 001-007.

Carvalho, D. E. M.; Rocha, V. S.; Missirian, G. L. B., 2009. "Percepção ambiental e sensibilização de alunos do Ensino Fundamental para preservação da mata ciliar". **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 23.

Fritzsons, E. et., al.., 2004. **"A influência da floresta ciliar sobre a temperatura das águas do rio Capivari, região cárstica curitibana"**. Curitiba – PR.

Guedes, J. C. D. S.,2006. **Educação ambiental nas escolas de ensino fundamental**: estudo de caso. Garanhuns: Ed. do autor.

Layrargues, P. P., 2006. "Muito além da natureza: educação ambiental e reprodução social. In: LOUREIRO, C.F.B. et al (Orgs.) Pensamento complexo, dialética e educação ambiental". São Paulo: Cortez. p. 72-103.

Leme, F., 2014. **"As transformações do telejornalismo rural: um estudo do programa Globo Rural"**. 2014.

Lima, W., 2004. "Aprendizagem e classificação social: um desafio aos conceitos". **Fórum Crítico da Educação**: Revista do ISEP/Programa de Mestrado em Ciências Pedagógicas. v. 3, n. 1,

Loureiro, R.; Fonte, S. S. D., 2003. **Indústria cultural e educação em tempos "pósmodernos"**.São Paulo: Papirus.

Martins, S. V., 2001. "**Recuperação de Matas Ciliares"**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil.

Melo, H. S. et al., 2011. **"Educação ambiental em uma comunidade rural: uma abordagem sobre a preservação de nascentes e matas ciliares"**. *LATEC,* Rio de Janeiro, v.1, n. 2, p. 21-35, jul/dez.

Mesquita, D. S. N. A.; Soares, M. H. F. B., 2008. "Visões de ciência em desenhos animados: uma alternativa para o debate sobre a construção do conhecimento científico em sala de aula". **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 417-429.

Morales. G. A.; Bernardo. C. H. C.; Scienza. C. R. Análise da identidade visual do Programa Olhar Ambiental: uma interface entre comunicação e meio ambiente. Revista Comunicação Midiática, v.9, n.1, p.134-156, jan/abr 2014. Acessado em: 16 de maio de 2018.

Oliveira, E. M. et al., 2013. "Percepção ambiental e sensibilização de alunos de colégio estadual sobre a preservação da nascente de um rio". Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Rio Grande do Sul, v. 30, n. 1, p. 23-37, jan./jun. 2013.

Rio Grande Do Sul, 2007. **"Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares".** Porto Alegre. Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. Sema.

Rizzo, M. R., 2007. **"Matas ciliares um bem natural que deve ser preservado".** In. Revista Jurídica FAMA**.** Iturama MG: FAMA, nº. 3.

Schilling, K.E.; Jacobson, P., 2014. "Effectiveness of natural riparian buffers to reduce subsurface nutrient losses to incised streams". **Catena**, v.114, p. 140-148.

Silva, B. C.; Cavalcante, N. L. G.; Araújo, L. C., 2011. **"Recuperação da área de preservação permanente do campus da ciência agrárias e ambientais"** Palmas-TO: Facto.

Simões L. B. 2001. **"Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias".** Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Souza, E. F., 2013. **"Avaliação das áreas de preservação permanente da bacia do córrego pirapitinga por meio de técnicas de geoprocessamento".** Monografia (Graduação em Geografia) - UFU, Ituiutaba.

Teles, S. S; Dieguez, M. R. et al., 2010. **"Código Florestal: desafios e perspectivas"**. São Paulo: Editora Fiúza Coleção Direito e Desenvolvimento Sustentável.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo conteúdo divulgado nesse artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PERCEPÇÕES DE CRIANÇAS DA REGIÃO DO ALTO URUGUAI GAÚCHO SOBRE AS ÁREAS ÚMIDAS

**Jéssica Morgan Anselmini**
**Janice Cominetti**
**Isabel Dahmer**
**Sônia Balvedi Zakrzevski**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Av. Sete de Setembro, 1621
jessica.anselmini@hotmail.com

***Resumo:*** *A pesquisa tem por objetivo diagnosticar as percepções de estudantes residentes na região do Alto Uruguai, RS sobre as áreas úmidas. O estudo abrangeu 90 estudantes de 5º ano do ensino fundamental matriculados em seis escolas da região. Dos envolvidos na pesquisa: i) 52 são do gênero feminino e 38 gênero masculino; ii) 78 residem no meio urbano e 12, no meio rural. A coleta de dados foi realizada em 2017, por meio de um questionário, cujos dados foram submetidos à análise estatística e análise de conteúdo. O estudo evidenciou que as crianças apresentam conhecimentos sobre as áreas úmidas obtidos nas escolas, especialmente em disciplinas de Ciências da Natureza, com os familiares e por meio de programas de televisão, merecendo destaque para a programação da Rede Globo de Televisão. Os participantes afirmam que elas são ecossistemas ricos em biodiversidade, porém apresentam dificuldades para listar a diversidade de animais e vegetal que vivem nas áreas úmidas da região.*

***Palavras - Chave:*** *Ecologia, Educação Ambiental, Conservação, Biodiversidade, Sustentabilidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa é voltada ao estudo das percepções de estudantes residentes em áreas urbanas e rurais de municípios do Norte do Rio Grande do Sul sobre as áreas úmidas (AUs), denominadas banhados, no estado do Rio Grande do Sul.

As AUs são ecossistemas de ligação entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, que permanecem periodicamente inundados por águas rasas e solos encharcados. (Junk, et al., 2015). Para Carvalho e Ozório (2007), o que caracteriza as AUs é: "[...] i) a presença de água rasa ou o solo saturado; ii) acúmulo de matéria orgânica que provêm de vegetais em decomposição; iii) plantas e animais adaptados para a vida aquática". Elas são importantes para a manutenção da diversidade de espécies e possuem relevância para o bem estar das populações humanas (Prates, 2010), por possuir importância ecológica, social, cultural e econômica. Segundo a Convenção de Ramsar (2013), as AUs apresentam valores científicos, históricos e arqueológicos inestimáveis.

Pesquisas apontam que as AUs são ambientes naturais muito produtivos e ricos em diversidade biológica (Meller, 2011; Steinke, 2007), sendo consideradas como um verdadeiro berço de vida. (Granziera, et al., 2007). Conforme Junk, et al. (2014), elas contribuem significativamente para a biodiversidade da América do Sul. São fonte de água e produção primária de muitas espécies, tanto animais como vegetais, as quais são dependentes destes ambientes para continuar existindo. (Meller, 2011).

No estado do Rio Grande do Sul, as AUs, conhecidas popularmente como banhados - palavra que provem do termo espanhol "bañado" (Burger, 2000), são definidas, pelo Decreto Estadual Nº52.431/15 como "[...] solos naturalmente alagados ou saturados de água por período não inferior a 150 dias ao ano, contínuos ou alternados, caracterizando-se como um alagamento ou saturação do solo por água apenas durante ou após os períodos de precipitação". (Rio Grande Do Sul, 2015). Assim como vem acontecendo no cenário brasileiro, os ecossistemas de banhados , nas últimas décadas vem sofrendo rápidas modificações e reduções devido a atividades antrópicas, das quais se destacaram as atividades agrícolas, a pecuária, os aterros, a urbanização, o despejo de lixo e esgoto doméstico.

Este estudo tem por objetivo diagnosticar e analisar as percepções de estudantes residentes na região do Alto Uruguai Gaúcho sobre as áreas úmidas (banhados) existentes na região em que habitam.

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado na região do Alto Uruguai Gaúcho e envolveu quatro municípios: i) Erechim ii) Aratiba, iii) Três Arroios e iv) Barra do Rio Azul. Participaram do estudo 15 estudantes de cada escola, regularmente matriculados

no 5º ano do ensino fundamental, com idades entre 10 e 11 anos. Ao todo foram envolvidos na pesquisa 90 estudantes. Participaram do estudo 90 estudantes. Destes: i) 78 residem no meio urbano e 12 no meio rural; ii) 52 estudantes são do gênero feminino e 38 do gênero masculino; iii) 75 participantes são estudantes de escola pública e 15 da rede privada.

A coleta dos dados foi realizada em agosto de 2017, por meio de um questionário constituído por questões fechadas, questões de listagem de ideias/opiniões e numeração das mesmas em ordem de importância e questões abertas. Foi realizada após: a) aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da URI; b) realização do Pré-teste do instrumento de pesquisa, adequando-o, se necessário; c) apresentação da proposta de pesquisa às Escola onde os questionários serão aplicados, buscando autorização para a realização do estudo na sede da entidade; d) apresentação da proposta de pesquisa aos participantes e/ou responsáveis (tema, objetivos, justificativa, metodologia, riscos e benefícios) para a realização da mesma: para os pais dos estudantes a proposta de pesquisa será apresentada, pela pesquisadora, em reunião organizada pelas direções das escolas; e) assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos participantes do estudo e/ou responsáveis: os Termos de Assentimento dos Pais e/ou Responsáveis serão encaminhados pela escola aos pais dos estudantes para autorização. Apenas os estudantes que tiverem autorização de seus pais e os mesmos (estudantes) concordarem em participar da pesquisa, assinando o termo de Assentimento, serão envolvidos no estudo; f) aplicação do instrumento de pesquisa.

Para a caracterização da população pesquisada foi calcula a distribuições de frequência, médias e desvios-padrão das variáveis. As questões abertas e de listagem livre de ideias foram submetidas a um processo de análise de conteúdo (Bardin, 2011) e as categorias identificadas para cada questão foram convertidas em parâmetros para análise estatística descritiva (porcentagem e média). Com a intenção de verificar diferenças nas percepções dos jovens participantes da pesquisa (diferenças entre gênero – feminino e masculino; local de residência – urbano e rural; categoria de escola – pública e privada).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Fontes de informação sobre os banhados

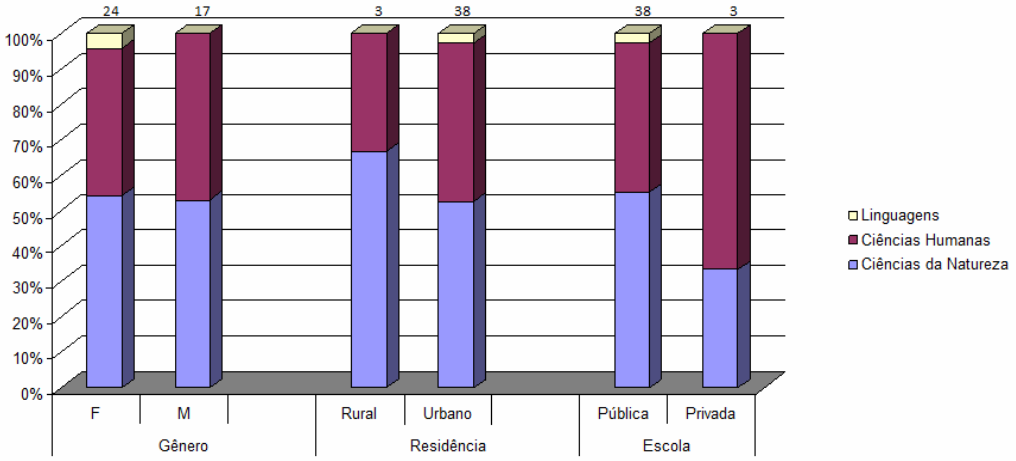
Quando questionados se conhecem os banhados, 67 participantes (74,44%) respondem positivamente e 23 participantes (25,55%) afirmam não conhecer este tipo de ecossistema. As crianças informaram que conhecem banhados existentes em diferentes locais: i) próximos de suas casas ou em propriedades rurais 14,44%; ii) na propriedade da família 18,88 %; iii) e no espaço escolar 2,22 %.

Inúmeras são as fontes de informação que os estudantes apresentam sobre o tema de pesquisa i) 71,11% , afirmam que obtiveram conhecimento por meio de programas de televisão; ii) 51,11% por meio de atividades promovidas pelas escolas; iii) 41,11% pelo convívio familiar; iv) 6,66 % internet; v) 4,44% jornais ou revistas; vi) 2,22% conversas com vizinhos e apenas 1,11 % para livros e rádio.

A televisão é a fonte de informação mais citada pelos jovens. No Brasil, ainda hoje, ocupa lugar de destaque e se configura como um veículo, a partir de seu caráter imaginário, capaz de unir entretenimento e informação (Silva, 2013). Foram listadas pelos participantes seis emissoras de televisão, e com maior destaque foi citada a Rede Globo (58,88 % das citações), seguida pelo Animal Planet, Discovery *Channel*, SBT, Band e Record.

Sobre o trabalho desenvolvido pelas escolas, 34,44% lembraram de disciplinas escolares que trataram sobre o tema. Essas disciplinas estão vinculadas as seguintes áreas do conhecimento: i) Ciências da Natureza, citada por 24,44% das crianças; ii) Ciências Humanas, citada por 20% e; iii) Linguagem, citada por 1,11% dos participantes da pesquisa. Na Figura 1 é possível visualizar as citações de cada disciplina.

**Figura 1-** Disciplinas escolares listadas pelas crianças que abordaram o tema banhados.



A escola, enquanto espaço de educação formal, tem a missão de colaborar para os estudantes e a sociedade compreender os impactos da agricultura sobre os banhados e ajudar a sociedade a encontrar meios mais eficientes para o uso de água, para que os banhados mantenham suas características ecológicas e continuem prestando seus serviços ecossistêmicos essenciais.

### 3.4 Importância dos banhados

A maioria das crianças (85,55%), afirma que os banhados são ecossistemas que devem ser protegidos, porém essa percepção é diferente em função dos grupos pesquisados: 91,66% das crianças que residem no meio rural, 88% das crianças que estudam nas escolas públicas e 65,38% das meninas atribuem importância para a conservação do ecossistema.

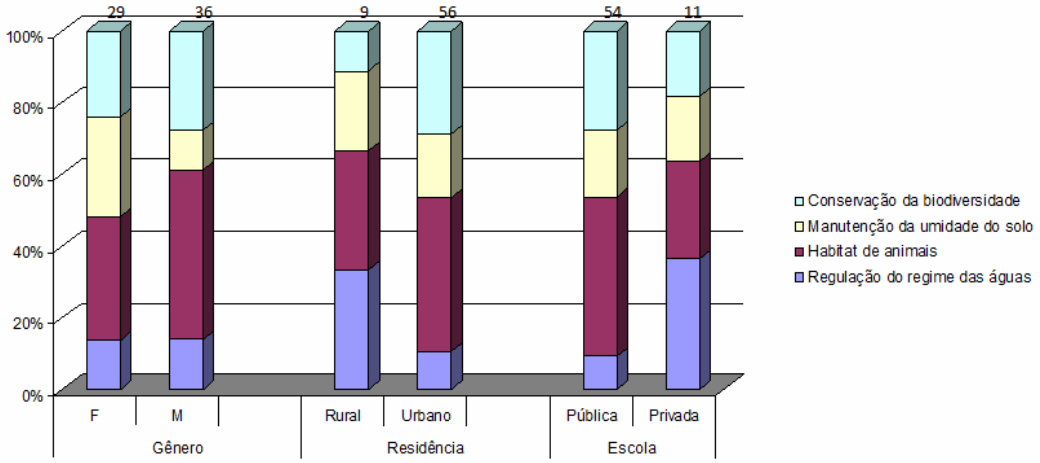
Os banhados apresentam funções ecológicas fundamentais para a regulação dos regimes hídricos, biodiversidade e habitat da fauna e flora, constituindo-se como recursos de grande valor econômico, cultural, e científico, cuja perda é irreparável (Paraná, 2008).

Quando questionados sobre a importância dos banhados: i) 60 % afirmam que os banhados são importantes ii) 38,88% não souberam opinar e iii) 1,11% afirmam que banhados não possuem importância. Para justificar a sua importância os estudantes apresentam algumas ideias: i) 30% afirmam que os banhados são importantes para a manutenção da diversidade animais – servem com habitat de inúmeras espécies, ii) 10% justificam que os banhados auxiliam na manutenção do regimes de água; iii) 18,88% argumentam que os banhados colaboram para a conservação da biodiversidade, ressaltando espécies animais e vegetais e, iv) 13,33% afirmar que eles mantém a umidade do solo. Na Figura 2 é possível verificar as respostas apresentadas pelas crianças.

Pelas ideias apresentadas é possível afirmar que as crianças reconhecem que as AUs funcionam como fonte de biodiversidade. Existe também o reconhecimento por parte dos jovens de que as áreas úmidas sustentam indiretamente a agricultura, fornecendo, por exemplo, fontes renováveis de água de boa qualidade; porém os jovens não fazem referência às áreas úmidas como fornecedora de solos férteis.

É preciso ampliar a compreensão das crianças para que as mesmas percebam que os banhados cumprem funções de caráter social e econômico, de grande relevância. São inúmeros os serviços ambientais que eles proporcionam para a sociedade e para o meio ambiente: a i) estocagem e limpeza de água; ii) recarga do lençol freático, iii) regulagem do clima local; iv) manutenção da biodiversidade; v) regulagem dos ciclos biogeoquímicos; vi) estocagem de carbono, e vii) habitat para inúmeras espécies (Junk et al., 2012). Também as áreas úmidas cumprem funções culturais e recreativas.

**Figura 2 -** A importância dos banhados nas percepções das crianças do 5º ano.




Obs.: Os números na parte superior das colunas indicam o número total de respostas múltiplas apresentadas pelo grupo pesquisado

Pesquisas apontam (Ramsar, 2016), que restaurar as funções das áreas úmidas e assegurar a alocação de água para manter suas características ecológicas pode é um investimento na estrutura natural que elas fornecem para a agricultura. Áreas úmidas em terras agrícolas podem ajudar a controlar as águas das inundações nas estações úmidas, a melhorar as condições de umidade do solo, a proporcionar mais espaço de armazenamento da água local para a irrigação no período seco e a fornecer água para os ecossistemas à jusante.

### 3.5 Percepção dos estudantes sobre a biodiversidade dos banhados

Os banhados proporcionam a ocupação e o estabelecimento de uma rica biota (Machado, 2011), com altas taxas de diversidade biológica, fonte de água e inúmeras espécies vegetais e animais as quais são dependentes destes ecossistemas para sobrevivência. (Meller, 2011).

Para 61% dos jovens (42,22% do gênero masculino e 25,55% do gênero feminino), os banhados são ecossistemas ricos em biodiversidade. Porém os estudantes citaram apenas o nome comum de 12 espécies de animais e 11 espécies vegetais que habitam os banhados. A espécie vegetal citação com maior frequência pelos estudantes foi o copo de leite (*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng..), citado por 17,77% dos participantes. Das espécies animais, merece destaque: o sapo cururu (*Rhinella marina* Linnaeus), citado por 55,55% dos jovens e a rã touro (*Lithobates catesbeianu* Shaw ), citada por 28,88%. As crianças, no geral listam nomes genéricos ou classificações de vegetais (ex.:plantas, algas, gramas, capins, entre outros) e de animais (peixes, anfíbios, insetos, entre outros).

Por meio deste estudo, evidencia-se uma fragilidade dos conhecimentos dos estudantes sobre a biodiversidade dos banhados, provavelmente gerada pela falta de contato com este ecossistema.

## 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Erechim, as direções das escolas e as crianças que participaram do estudo.

## 5. REFERENCIAS

Balsamo, E. C.; Sirangelo, R. F.; Belloli, F. T.,2014**.** O impacto das atividades antrópicas nas áreas úmidas na planície de inundação do Rio Gravataí – RS. *Revista Geonorte*, ed. 4, v. 10, n.1, p.385– 90.

Bardin, L.,2011. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

Burger, M. I., 2000. Situação e ações prioritárias para conservação de banhados e áreas úmidas da Zona **Costeira**. Fundação Zoobotânica do RS, 2000. Acesso em: 10 maio. 2017 Disponível em: http://www.anp.gov.br/meio/guias/5round/refere/Banhados.pdf.

Carvalho, A. B. P; Ozório, C. P., 2007. Avaliação sobre os Banhados do Rio Grande do Sul, *Brasil. Revista de Ciências Ambientais*, Canoas, v.1, n.2, p.8 –95.

Etchelar, C. B., 2014. *Análise do processo erosivo no banhado grande, município de Glorinha – RS.* Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Curso de Geografia: Bacharelado. Porto Alegre.

Granziera, M. L. M; Adame, A; Gallo, G. N., 2007. Direito ambiental internacional. Conservação dos espaços e da biodiversidade. *Convenção RAMSAR*.

Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Lourival, R.; Wittmann, F.; Kandus, P.; Lacerda, L. D.; Bozelli, R.; Esteves, F. A.; Cunha, C. N.; Maltchik, L.; Schöngart, J.; Schaeffer-Novelli, Y.; Agostinho, A. A., 2014. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems*, v. 24., n. 1, p. 5-22.

Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Lourival, R.; Wittmann, F.; Kandus, P.; Lacerda, L. D.; Bozelli, R.; Esteves, F. A.; Cunha, C. N.; Maltchik, L.; Schöngart, J.; Schaeffer-Novelli, Y.; Agostinho, A. A.; Nóbrega, R. L. B., 2012. *Definição e classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. Cuiabá: CPP/INAU.*

Junk, W. J.; Piedade, M. T. F., 2015. Áreas úmidas (AUs) Brasileiras: Avanços e conquistas recentes. *Boletim ABlimno*, v. 41, n. 2, p. 20-24.

Meller, J., 2011**.** *Mapeamento de áreas úmidas e banhados na microbacia do rio Amandaú, região noroeste do Rio Grande do Sul*. Santa Maria.

Paraná., 2008. Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP N° 005, de 28 de março de 2008. *Casa Civil Governadoria do Poder Executivo do Estado do Paraná. Curitiba, PR.*

Prates, A.P., 2010. *Convenção de Ramsar*. Secretaria de biodiversidade e florestas.

Ramsar Convention Secretariat., 2013. The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland, ed. 6.

Ramsar Handbooks., 2016. *An introduction to the ransar convention on wetlands***.** ed. 5.

Rio Grande Do Sul. Decreto nº 52.431, de 23 de junho de 2015. Dispõe sobre a implementação do Cadastro Ambiental Rural e define conceitos e procedimentos para a aplicação da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, no Estado do Rio Grande do Sul. *Diário Oficial Eletrônico*, Porto Alegre.

Rolon, A.N; Maltchik,L., 2006. Áreas palustres: Classificar para proteger. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.38, n. 228, p. 66-70.

Steinke, V. A., 2007. **I***dentificação de áreas úmidas prioritárias para conservação da biodiversidade na bacia da lagoa mirim (Brasil – Uruguai): Subsídios para gestão transfronteiriça*. Brasília.

Wittmann, F., et al., 2015. Implementation of the Ramsar Convention on South American wetlands: an update. *Research and Reports in Biodiversity Studies*, v. 4.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo impressos neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# BIODEGRADAÇÃO DE FENOL EM REATOR BATELADA UTILIZANDO RESÍDUO DE CASCA DE OVO COMO SUPORTE PARA BIOFILME

**Tainá Cristini da Silva**
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Laboratório de Efluentes e Resíduos – Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, ERS 135 – Km 72, nº200, CEP 99700-970, Cx. Postal 764 – Erechim – RS – Brasil.
e-mail: taaina_criistini@hotmail.com

**Josiane Bampi**
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Laboratório de Efluentes e Resíduos – Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, ERS 135 – Km 72, nº200, CEP 99700-970, Cx. Postal 764 – Erechim – RS – Brasil.
e-mail: josibampi@hotmail.com

**Adriana Paula Francieski**
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Laboratório de Efluentes e Resíduos – Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, ERS 135 – Km 72, nº200, CEP 99700-970, Cx. Postal 764 – Erechim – RS – Brasil.
e-mail: drifranci@gmail.com

**Gabriel Andre Tochetto**
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Laboratório de Efluentes e Resíduos – Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, ERS 135 – Km 72, nº200, CEP 99700-970, Cx. Postal 764 – Erechim – RS – Brasil.
e-mail: tochettogabriel@gmail.com

**Gean Delise Leal Pasquali Vargas**
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Laboratório de Efluentes e Resíduos – Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, ERS 135 – Km 72, nº200, CEP 99700-970, Cx. Postal 764 – Erechim – RS – Brasil.
e-mail: geandelise@uffs.edu.br

**Adriana Dervanoski**
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Laboratório de Efluentes e Resíduos – Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, ERS 135 – Km 72, nº200, CEP 99700-970, Cx. Postal 764 – Erechim – RS – Brasil.
e-mail: adriana.dervanoski@uffs.edu.br

***Resumo.*** *Os efluentes que são despejados de maneira incorreta no meio ambiente de grandes centros urbanos e áreas industriais podem propiciar a contaminação do solo e dos recursos hídricos, comprometendo a qualidade de vida da população. Diferentes tecnologias vem sendo utilizadas afim de minimizar os efeitos nocivos destes contaminantes no meio ambiente, estas tecnologias buscam proporcionar o tratamento adequado dos efluentes com o intuito de reduzir e controlar a poluição. O processo de biodegradação tem surgido como uma opção capaz de reduzir a carga poluidora de efluentes considerados tóxicos. Um composto facilmente encontrado em indústrias de celulose e papel é o fenol e seus derivados, efluentes que contêm fenol apresentam problemas ambientais devido à alta toxicidade. Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar a eficiência na remoção do fenol em efluente sintético, utilizando a biodegradação em reator batelada, tendo como material de imobilização do biofilme a casca de ovo. Os ensaios foram desenvolvidos em biorreator batelada com agitação orbital, em temperatura ambiente (25ºC), onde observou-se uma degradação de aproximadamente 50%, após um período de 720 min, para a concentração de 100 mg $L^{-1}$ em efluente sintético contendo fenol, mostrando assim o potencial do uso dos biofilmes na remoção de compostos orgânicos.*

***Palavras-chave:*** *biorreatores, biorremediação, casca de ovo, biomassa.*

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento industrial em âmbito mundial observado nas últimas décadas, tem resultado em elevados impactos nos recursos hídricos e de forma geral no meio ambiente, estes impactos antropogênicos são resultado das atividades realizadas nas diferentes etapas de processamento industrial, dentre os diferentes resíduos produzidos tem-se destaque

os efluentes. Entre os diversos contaminantes presentes nestes efluentes e que podem chegar aos corpos hídricos, destacam-se os compostos fenólicos, os quais têm sido utilizados em grande escala e têm tido efeitos desastrosos na biodiversidade (Ripa *et al*, 2017).

O fenol é amplamente utilizado em processos nas indústrias petroquímicas, farmacêuticas, de alcatrão, tintas, gasolina, plásticos, borracha, desinfetantes e atividades agroalimentares (Chraibi, *et al.*, 2016). Os compostos fenólicos presentes nos efluentes industriais em sua maioria apresentam elevado potencial poluente, o que acarreta em um sério risco ao meio ambiente e ao ser humano (Hussain e Dubey, 2014).

Compostos fenólicos são substância incolores, cristalinas, solúveis em água e solventes orgânicos e que possuem alta mobilidade, podendo chegar rapidamente às fontes de água, conferindo a estas gosto e odor desagradáveis, mesmo em baixas concentrações. São também conhecidos por serem extremamente tóxicos para espécies aquáticas e para o homem, podem causar problemas a saúde humana e danos genéticos (Barbosa *et al*., 2014).

Devido a necessidade cada vez maior de preservação de mananciais, é crescente a procura por novas tecnologias que busquem reduzir os impactos causados pela presença de compostos tóxicos no meio ambiente (Luz *et al*., 2013). A necessidade de processos mais eficientes na remoção dos contaminantes é uma das buscas constante das indústrias, que necessitam de unidades mais compactadas que operem com maior flexibilidade e bom desempenho na remoção de compostos nocivos (de Souza *et al*., 2008).

Uma alternativa eficaz e potencialmente rentável para o tratamento de compostos tóxicos é o tratamento biológico (Massalha *et al*., 2007). O tratamento biológico tem como vantagem a destruição permanente dos resíduos e eliminação dos riscos de futuras contaminações através da mineralização (Littlejohns e Daugulis, 2008). Dentro deste contexto a biodegradação tem surgido como uma opção para minimizar potencial poluidor de efluentes tóxicos, esta técnica não necessita da adição de produtos químicos, e é definida pela degradação de compostos orgânicos através do metabolismo microbiano. Por se tratar de um processo biológico propicia o tratamento de uma larga variedade de águas residuais industriais (Massalha *et al*., 2007), e caracteriza-se por ser uma técnica eficaz, que pode ser utilizada como complemento às tecnologias convencionais e assim permitir o reuso da água.

Associado aos processos de biorremediação está a formação de biofilmes, estes são agregados de biomassa aderidos a superfícies, que vivem em conjunto dentro de uma matriz polimérica extracelular. Uma das principais vantagens de sua utilização é a maior resistência dos micro-organismos às variações externas do ambiente, como temperatura, pH, concentrações de nutrientes e agentes tóxicos (Von Borowski, *et al*., 2018). Outras vantagens de sua utilização são relacionadas à elevada eficiência na remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); a coexistência da atividade metabólica anóxica e aeróbia dentro do mesmo ecossistema de biomassa; a aplicação de maior carga orgânica; ao lodo não necessitar retornar ao reator biológico; a grande área de transferência de massa entre as fases; e um sistema com instalações mais compactas (Massalha *et al*., 2007).

De acordo com Xavier *et al* (2003), o suporte sólido utilizado para a produção do biofilme deve ser poroso, pois contribui para o aumento da adesão devido a uma maior área superficial disponível, dentre os quais destacam-se: areia, espuma de poliuretano, suportes poliméricos, carvão ativado (Bertin *et al.*, 2004).

No presente estudo o biofilme foi imobilizado em resíduo de cascas de ovos, a escolha deste material como suporte foi baseada na composição química das cascas de ovos, as quais apresentam morfologia porosa que atualmente têm sido muito estudadas pelo seu potencial de adsorção.

Desta maneira, o presente estudo buscou avaliar através de procedimentos experimentais a eficiência de remoção do fenol em efluente sintético, utilizando biorreator em batelada, e como suporte utilizado para a imobilização da biomassa um resíduo da agroindústria, a casca de ovo, que nos dias atuais também tem-se mostrado um problema ambiental quanto a sua disposição final. Após o período de crescimento do biofilme e adaptação, obteve-se a cinética de biodegradação para um efluente sintético contendo fenol na concentração de 100 mg $L^{-1}$.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Efluentes e Resíduos -LAER da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS *Campus* - Erechim/RS. Todos os ensaios foram realizados em duplicata utilizando-se um limite de confiança de 95%, e as análises em triplicata.

### 2.1 Materiais

O efluente sintético foi preparado com água deionizada e fenol ($C_6H_5OH$, Marca NEON, P.A. 99%). Os micro-organismos foram inoculados com biomassa de origem de Estação de Tratamento de Efluentes de uma empresa de papel e celulose presente na região. Para a imobilização da biomassa foi utilizada a casca de ovo, proveniente de incubatórios de aves da região Alto Uruguai, como suporte, seguindo adaptação metodológica de Slimani *et al*. (2014).

### 2.2 Biorreator - Imobilização e adapatação da biomassa aeróbia

O sistema de crescimento do biofilme foi construído com erlenmeyer de 300 mL, fechados com parafilm®, com uma abertura para entrada de ar em sistema de batelada. A temperatura manteve-se em aproximadamente 25 °C e o sistema de agitação orbital em velocidade de 150 rpm. O modelo de biorreator para o crescimento do biofilme, assim como as soluções fonte de carbono e de minerais para a manutenção microbiana fundamentaram-se no trabalho de Mello (2007), sendo feito o desenvolvimento do biofilme por um período de 4 meses, a adição do inóculo contendo a biomassa (50 mL) foi realizada apenas no inicio do processo de desenvolvimento do biofilme. A Fig. 1, mostra a aparência do biorreator após o período de adaptação.

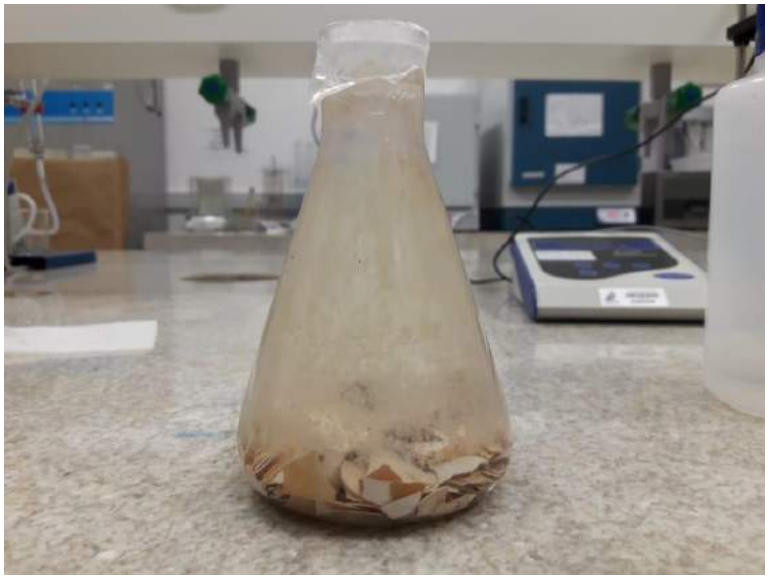


**Figura 1.** Biorreator em batelada.

Durante todo o período de crescimento e adaptação houve trocas e reposição das soluções de nutrientes do biorreator, utilizou-se nesta etapa como fonte de carbono, glicose e fenol, foram disponibilizadas no meio ao longo do tempo, na concentração de 100 mg $L^{-1}$, de acordo com a Tabela 1. O aumento gradativo da concentração de fenol no meio seguiu adaptação do trabalho de Mello (2007). Este processo objetivou a fixação da biomassa no suporte casca de ovo. Foram medidas, diariamente, a concentração de oxigênio dissolvido no meio, para certificar-se que a concentração se mantivesse acima de 2 mg $L^{-1}$, bem como foi realizado o monitoramento do pH e da condutividade elétrica.

**Tabela 1.** Configurações das fontes de carbono durante o período de crescimento e adaptação dos micro-organismos.

| Dias | Biorreator |
|---|---|
| 1 – 30 | 100% glicose |
| 31 – 40 | 80% glicose, 20% fenol |
| 41 – 50 | 60% glicose, 40% fenol |
| 51 – 60 | 40% glicose, 60% fenol |
| 61 – 70 | 20% glicose, 80% fenol |
| 71 – 80 | 100% fenol |

O período de substituição dos nutrientes com aumento gradativo da alimentação com fenol durou em torno de três meses. Após 10 dias de alimentação com o fenol, como única fonte de carbono, iniciaram-se as cinéticas de biodegradação.

### 2.3 Cinética de biodegradação do fenol em efluente sintético

Após a adapatação dos micro-organismos, realizou-se as cinéticas de biodegradação de fenol na concentração de 100 mg/L, o primeiro ponto da cinética, considerado como o tempo zero (0), foi coletado logo após a adição do efluente sintético nos biorreatores. Os demais pontos foram coletados a cada 30 min, durante as 2 (duas) primeiras horas, e posteriormente a cada 60 min até se completar 12 horas de cinética. Durante os experimentos das cinéticas de biodegradação do fenol foram constantemente avaliadas a concentração de oxigênio dissolvido (OD), bem como os valores de pH e de condutividade elétrica. A Tabela 2 abaixo apresenta a composição do sistema utilizado para avaliar a biodegradação do fenol presente no efluente sintético. Para a determinação da concentração inicial e final de fenol no efluente sintético, incluindo o preparo da curva padrão, foi utilizado o Método Fotométrico Direto (APHA, 2005).

**Tabela 2.** Composição sistema presente no biorreator

| Composição | Biorreator |
|---|---|
| Fonte de carbono | Fenol (100 mg $L^{-1}$) |
| Fonte de oxigênio | $H_2O_2$ 30% (100,0 µL) |
| Casca de ovo | 40,0 g |
| Efluentes de celulose | 50,0 mL (inóculo) |
| Solução mineral | 230,0 mL |
| Total líquido | 280,0 mL |

### 2.4 Avaliação da eficiência

A eficiência do processo de biodegradação do contaminante foi obtida a partir da Equação 1. Onde $C_0$ e C são, respectivamente, as concentrações inicial e final do fenol (mg $L^{-1}$).

$$Remoção(\%) = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o período de adaptação avaliou-se o consumo do fenol presente no efluente sintético pelos micro-organismos por meio da biodegradação. As cinéticas foram realizadas com uma concentração inicial de aproximadamente 100 mg $L^{-1}$. Os resultados encontrados para a degradação podem ser visualizados na Figura 2.

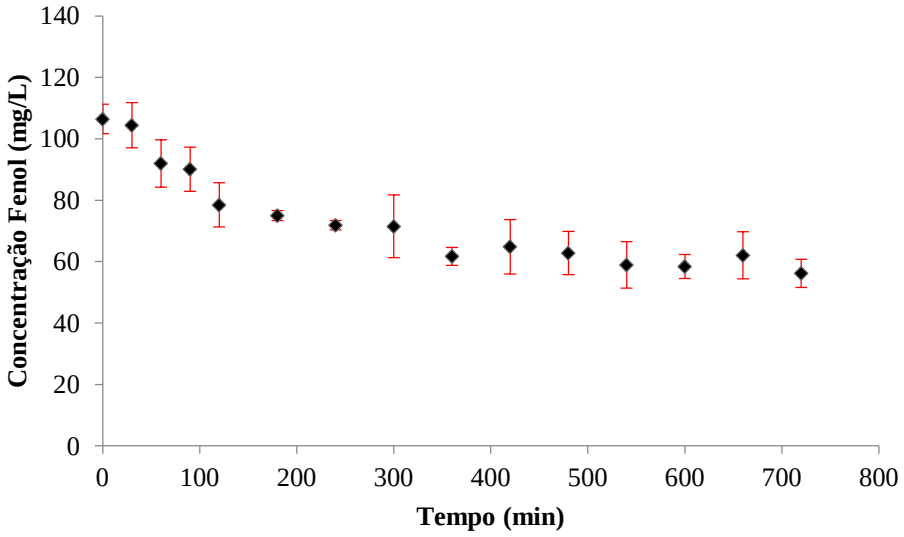



**Figura 2.** Monitoramento do consumo de fenol presente no efluente sintético

Conforme os resultados obtidos, é possível verificar que a biomassa aderida à casca de ovo, conseguiu degradar 45 mg $L^{-1}$ em um período de tempo de 360 minutos, a partir deste período observa-se que o processo de biodegradação sofre uma desaceleração no consumo do contaminante, tornando-se estável a partir de 400 minutos. Estes resultados preliminares apresentados neste estudo demostram o potencial de biodegradação do biofilme imobilizado na casca de ovo para a remoção de compostos com características orgânicas. Quanto a avaliação da eficiência do processo de biodegradação, obteve-se uma remoção de 47% do contaminante no tempo correspondente a 720 minutos.

Um dos fatores que possivelmente afetou a remoção do contaminante foi redução da concentração de oxigênio dissolvido presente no efluente sintético, visto a necessidade bioquímica de oxigênio por parte dos micro-organismos para o consumo do substrato. Cabe salientar que no inicio do ensaio cinético em batelada foi adicionado ao biorreator o peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$, 30%), isso explica os altos valores de oxigênio dissolvido nos 4 primeiros pontos de coleta (Fig. 3). O comportamento observado no monitoramento do oxigênio dissolvido presente no sistema leva a crer que além do consumo por parte dos micro-organismos presentes no biofilme, podem ter ocorrido perdas para o ambiente, visto que a 25º C a quantidade máxima dissolvida em meio líquido de oxigênio é de cerca de 8 $mgL^{-1}$.

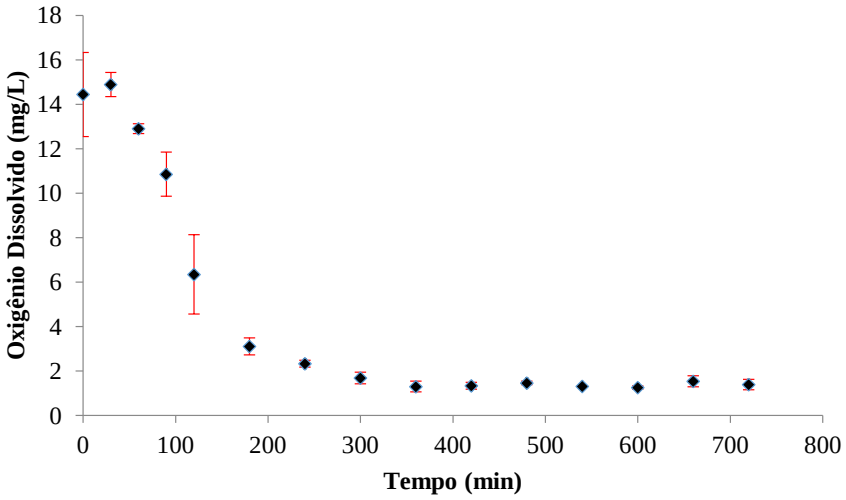



**Figura 3.** Monitoramento do consumo do oxigênio dissolvido presente no efluente sintético

Se comparar-se as Figuras 2 e 3, torna-se visível a influência da concentração do oxigênio dissolvido no metabolismo microbiano e consequentemente na remoção do fenol, pois a partir de 300 minutos a concentração de oxigênio fica consideravelmente baixa tornando-se estável, o que coincide com a estabilização no consumo do fenol presente no efluente sintético, essa relação evidencia que a velocidade de degradação do substrato é proporcional a concentração de oxigênio dissolvido no meio. Quanto ao monitoramento do pH durante o processo de biodegradação não observaram-se variações expressivas no período mantendo-se o mesmo na faixa entre 6,6 - 6,8, o mesmo comportamento foi observado no monitoramento da condutividade elétrica do efluente.

Levando em consideração que a casca de ovo é um material poroso, pode-se levantar a hipótese que uma fração da quantidade de fenol presente no efluente sintético foi adsorvido. Acredita-se que de fato, no biorreator estudado processos físicos de absorção ocorram em parceria com os processos biológicos de biodegradação. Vale lembrar que a maior concentração microbiana, associada ao crescimento do biofilme, ocorre na superfície porosa da casca do ovo. Assim toda a parcela de fenol absorvida é simultaneamente consumida pelos microrganismos aderidos no suporte.

## 4. CONCLUSÃO

Através deste trabalho foi possível concluir que nas condições estudadas o uso de biofilme apresentou potencial para a biodegradação do contaminante em estudo. Foi possível verificar que a concentração de oxigênio dissolvido apresenta uma relação direta com a redução do consumo do fenol durante o período de tempo avaliado. Além disso, outros fatores como a própria concentração do substrato, podem ter funcionado como inibidores das vias bioquímicas dos micro-organismos.

## 5. AGRADECIMENTOS

À estrutura e o incentivo à pesquisa oferecidos pelo Laboratório de Efluentes e Resíduos - LAER, através da Universidade Federal da Fronteira Sul.

## 6. REFERÊNCIAS

APHA, 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* 21th ed., Washington: APHA/AWWA/ WEF.

Barbosa, C.S.; Santana, S.A.A.; Bezerra, C.W.B. e Silva, H.A.S., 2014. Remoção de compostos fenólicos de soluções aquosas utilizando carvão ativado preparado a partir do aguapé (*Eichhornia crassipes*): estudo cinético e de equilíbrio termodinâmico. *Química Nova*, v. 37, n. 3.

Bertin, L.; di Gioia, D.; Barberio, C.; Salvadori, L.; Marchetti, L. e Fava, F., 2007. Biodegradation of polyethoxylated nonylphenols in packed-bed biofilm reactors. *Industrial and Engineering Chemistry Research.* v. 46, n.21.

Chraibi, S.; Moussout, H.; Boukhlifi, F.; Ahlafi, H. e Alami, M., 2016. Utilization of Calcined Eggshell Waste as an Adsorbent for the Removal of Phenol from Aqueous Solution. *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences***,** v. 06, n. 04, p. 132–146.

de Souza, S.M.A.G.U.; Brandão, H.L. e de Souza A.A.U., 2008. Modeling of liquid pollutant biodegradation process in a fluidized bed reactor with biofilm. *Separation and Purification Technology***.** v.60.

Hussain, A. e Dubey, S.K., 2014. Specific methanogenic activity test for anaerobic treatment of phenolic wastewater. *Desalin.Water Treat*., v.52.

Littlejohns, J.V. e Daugulis, A.J., 2008. Kinetics and Interactions of BTEX Compounds during Degradation by a Bacterial Consortium. *Process Biochemistry***.** v.43, n.10.

Luz, A. D.; de Souza, S. M. A. G. U.; Luz, C.; Mello, J. M. M. e de Souza, A. A. U., 2013. *Analysis of competition between multicomponent btx compounds for the active site of adsorption in a fixed-bed column*. Industrial and Engineering Chemistry Research.

Massalha, N.; Basherr, S. e Sabbah, I., 2007. Effect of adsorption and bead size of immobilized biomass on the rate of biodegradation of phenol at high concentration levels. *Industrial and Engineering Chemical Research*. v.46, n.21.

Mello, J. M. M., 2007. *Biodegradação dos compostos BTEX em um reator com biofilme*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Ripa, M.S.; Mahmood, R.; Khan, S. e Khan, E.A., 2017. Adsorption of Phenol from Aqueous Solution Using Activated Carbon prepared from Coconut Shell. Journal of Chemical Engineering, *Journal of Chemical Engineering*. v. 29, n. 1, p. 9-13.

Slimani, R.; Ouahabi, I.E.; Abidi, F.; Haddad, M.E.; Regti, A.; Laamari, M.B.; Antri, S.E. e Lazar, S., 2014. Calcined eggshells as a new biosorbent to remove basic dye from aqueous solutions: Thermodynamics, kinetics, isotherms and error analysis. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, v. 45, p. 1578–1587.

Von Borowski, R.G.; Macedo, A.J. e Gnoatto, S.C.B., 2018. Peptides as a strategy against biofilm-forming microorganisms: Structure-activity relationship perspectives. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 114, n. July 2017, p. 114–137.

Xavier, J.B.; Picioreanu, C.; Almeida, J.S. e Van Loosdrecht, M.C.M., 2003. Monitorização e modelação da estrutura de biofilmes. *Boletim de Biotecnologia*. v.76.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DE BIOHERBICIDA PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS A PARTIR DE ISOLADO FÚNGICO

**Sabrina Natalia Weirich**
**Cleiton Ulkovski**
**Daiani Brandler**
**Julia Andrade**
**Suelen Cappellaro**
**Thiago Cardoso Guimarães**
**Helen Treichel**
**Altemir José Mossi**

Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
e-mails weirichsabrina@hotmail.com, cleiton-ulk@hotmail.com, daianibrandler@hotmail.com, julia_andrade09@hotmail.com, suelen02cappellaro@hotmail.com, thiagocardosoguimas@gmail.com, helentreichel@gmail.com e amossiuffs@gmail.com

***Resumo.*** *O uso incorreto e excessivo de herbicidas químicos para o controle de plantas daninhas vem ocasionando grandes problemas ambientais além do surgimento de biótipos de plantas daninhas resistentes aos mecanismos de ação existentes no mercado, causando perdas de produção, pois esta competição afeta o desempenho agronômico das culturas, gerando menores rendimentos e diminuindo a qualidade do produto final. Nesse contexto, os bioherbicidas se destacam como uma alternativa ao controle convencional, como ferramenta de manejo integrado de plantas daninhas. Deste modo, o objetivo deste trabalho é produzir bioherbicida por fermentação submersa através de isolado fúngico com potencial de biocontrole de plantas daninhas. O bioensaio foi conduzido em casa de vegetação. O extrato foi aplicado sobre as plantas daninhas Bidens pilosa, Euphorbia heterophylla, Conyza sp. quando elas apresentavam de 2 a 4 folhas e, estes foram considerados tratamento, com uma testemunha controle e 3 repetições utilizando o bioherbicida. A Euphorbia heterophylla foi a planta mais suscetível ao extrato, onde foi possível aos 7 dias, obter danos foliares de aproximadamente 80%, o extrato não causou morte a nenhuma das plantas, apenas prejudicou seu desenvolvimento. Assim, os biocompostos apresentam-se como uma alternativa a diminuição de herbicidas e a produção sustentável de alimentos.*

***Palavras-chave:*** *controle biológico, plantas daninhas, microrganismos, biocontrole, sustentabilidade*

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas representam hoje um desafio muito grande para se obter sucesso na produção agrícola. Elas causam reduções no rendimento que são, muitas vezes, economicamente mais prejudiciais que os insetos, os fungos ou outras pragas de culturas (Gharde *et al*., 2018). Elas interferem no desenvolvimento das culturas, acarretam impactos econômicos, ameaçam a produção de alimentos globais e ecossistemas naturais, pois quando em elevadas populações competem com as culturas por nutriente, água, luz solar e espaço, principalmente nos estádios iniciais das culturas e por isso, o controle deve ser realizado nas épocas corretas (Zagonel *et al*., 2000; Gianessi e Sankula, 2003).

Para que se possa atender a demanda global de alimentos é necessário um controle altamente eficaz e sustentável. Neste sentido, sabe-se que o uso excessivo de herbicidas resulta em sérios problemas ambientais e ecológicos (Sardana *et al*., 2017).

O uso excessivo de herbicidas para o manejo de plantas daninhas levou à uma evolução frequente e de forma generalizada a resistência de inúmeras espécies de plantas daninhas aos herbicidas. Desta maneira, a resistência de herbicidas significa uma perda de recursos, pois sabe-se que novos modos de ação de herbicidas são improváveis, e a busca por alternativas de manejo para as culturas que utilizem métodos não-químicos é essencial (Bajwa *et al*., 2017).

O controle das plantas daninha é uma tarefa desafiadora durante o cultivo. Deste modo, a aplicação de bioherbicidas, vem surgindo como um método emergente para o controle das plantas daninhas, e também para que tenhamos uma agricultura mais sustentável. Os extratos vegetais, aleloquímicos e alguns fungos vêm sendo utilizados como bioherbicidas para controle de populações de plantas daninhas (Radhakrishnan *et al*., 2018). A utilização de biocontrole

para manejar pragas no geral, consiste na aplicação de interações naturais que conduzem com as relações de equilíbrio de populações de pragas e não necessariamente a sua erradicação (Herth, 2011).

Os bioherbicidas são produtos derivados de organismos vivos utilizados para suprimir populações de plantas daninhas que apresentam risco reduzido. Entre os benefícios dos bioherbicidas podemos destacar: provavelmente terão uma meia vida no ambiente mais curta, possuem múltiplos modos de ação, baixa toxicidade e um reduzindo o risco de resistência ao bioherbicidas (Bailey, 2014).

Os microrganismos, bactérias, vírus e principalmente fungos, assim como as substâncias naturais, derivadas de plantas e minerais, são os principais agentes de biocontrole para plantas daninhas (Hinz *et al*., 2014, Zimdahl, 2011).

Em 1971, os bioherbicidas foram definidos como substâncias para reduzir populações de plantas daninhas sem a degradação do ambiente (Conseil International de la Langue Française, 1971), derivados de organismos vivos, incluindo os metabólitos naturais produzidos por eles no decorrer de seu crescimento e desenvolvimento (Bailey, 2014).

O modo de ação dos bioherbicidas é similar aos mecanismos de interação entre planta-patógeno e a alelopatia (Harding e Raizada, 2015). No caso de interações planta-patógeno, o agente de biocontrole deve contornar as reações de defesa da planta daninha. A relação entre os dois indivíduos tem que ser compatível para que o patógeno (isto é, o agente de biocontrole) seja capaz de infectar a planta alvo (Andanson, 2010).

Com o passar do tempo a experiência no desenvolvimento de bioherbicidas vai crescendo, e vão surgindo mais produtos no mercado, facilitando assim sua adoção e seu incremento no desenvolvimento cíclico, fazendo com que os bioherbicidas se tornem produtos principais e essenciais no futuro (Bailey, 2014).

Desta forma o objetivo deste trabalho é produzir bioherbicida por fermentação submersa através de isolado fúngico com potencial de biocontrole de plantas daninhas para a cultura da soja.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Coleta de plantas infectadas

O microrganismo utilizado para a produção dos biocompostos foi denominado através de um sistema de códigos utilizado no laboratório como GaM1, o fungo foi isolado no município de Gaurama. As amostras coletadas foram transportadas para o Laboratório de Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, onde foi realizado o isolamento do microrganismo.

### 2.2 Isolamento de microrganismos fitopatogênicos

O isolamento dos microrganismos, a partir das amostras de plantas coletadas, foi realizado em placas de Petri, contendo meio de cultura Ágar Batata Dextrose (BDA), sendo posteriormente incubadas a 28°C por 7 dias. Após esse período foram sendo realizadas repicagens sucessivas, até a obtenção de culturas puras (Reichert Júnior, 2017).

### 2.3 Produção de bioherbicida

A produção do bioherbicida foi realizada por fermentação submersa, através do uso de Erlenmeyers em agitador orbital, com um volume de 150 mL de meio de cultura. O preparo do meio de cultura é realizado nas seguintes proporções: 10 g/L de glicose (C6H12O6); 7,5 g/L de extrato de levedura; 10 g/L de peptona; 2 g/L de sulfato de amônio (NH4)2SO4; 0,5 g/L de sulfato de magnésio (MgSO4.7H2O); 1 g/L de sulfato ferroso (FeSO4.7H2O) e 1 g/L de sulfato de manganês (MnSO4.H2O), estas condições foram determinadas pelo estudo de Souza, (2015). Após a preparação do meio, este é autoclavado a 121ºC por 30 minutos. Ao atingir a temperatura ambiente, os microrganismos serão inoculados. As fermentações foram realizadas a 28 ºC em agitador orbital, 120 rpm, por 72 horas, conforme estudos já realizados. Posteriormente a fermentação, foi realizada uma filtração do meio fermentado, e o líquido foi alocado em borrifadores e armazenado a 4 ºC até o momento da aplicação.

### 2.4 Aplicação e avaliação do bioherbicida

A aplicação do biocomposto produzido auxilia na avaliação do potencial do isolado fúngico de biocontrole. O bioensaio foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Os extratos foram aplicados sobre as plantas daninhas picão-preto (*Bidens pilosa*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e buva (*Conyza* sp). Além das daninhas, os extratos foram aplicados também nas culturas de interesse, soja (*Glycine max*), trigo (*Triticum aestivum*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), para avaliação de possível toxicidade que o extrato pode causar se aplicado quando a cultura já estiver instalada. A aplicação do bioherbicida ocorreu quando as plantas apresentavam de 2 a 4 folhas. O extrato aplicado nas plantas foi considerado tratamentos, aplicados sob pulverização com borrifador de jardim, aplicando-se a solução diretamente na parte aérea da planta até o escorrimento. Para o teste com os microrganismos selecionados foi adicionado aos extratos um adjuvante, o óleo vegetal Áureo® concentrado emulsionável (EC), na dose recomendada de 0,1% v/v (100 mL em 100 litros de água). As análises foram puramente

visuais aos 7 e 15 dias após o tratamento (DAT), dando-se notas de injúria conforme recomendação da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (1995).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, são apresentados os resultados obtidos através das análises visuais aos 1, 7 e 15 dias após aplicação (DAT). Em cada repetição, é expresso em porcentagem uma média de fitotoxicidade obtida a partir da análise de 3 plantas de cada espécie escolhida.

Tabela 1. Valores médios do efeito alelopático do fermentado do isolado fúngico sobre as plantas daninhas e as plantas cultivadas expresso em porcentagem. UFFS, Erechim-RS, 2018.

| | *Euphorbia heterophylla* | *Bidens pilosa* | *Conyza sp.* | *Triticum aestivum* | *Phaseolus vulgaris* | *Glycine max* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 DAT | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 7 DAT | 78 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 15 DAT | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Testemunha* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Testemunha sem aplicação do bioherbicida a fim de comparação

O leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) foi a planta mais sensível ao bioherbicida, como pode-se observar na tabela 1, os danos às plantas foram superiores a 70% aos 7 dias após aplicação, sendo esse, um bom controle a plantas daninhas. De acordo com Vidal e Merotto Júnior (2001), o controle de *E. heterophylla* é basicamente realizado com herbicidas químicos inibidores das enzimas acetolactato sintase (ALS) e protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), porém, na última década, encontrou-se biótipos dessa espécie, resistentes aos herbicidas inibidores de ALS, em diversos estados do Brasil (Gazziero *et al*., 1998; Heap, 2002; Vidal & Winkler, 2002).

Após 1 dia do biocomposto ter sido aplicado nas plantas, o isolado fúngico já ocasionou danos de mais de 15% de intensidade ao leiteiro, o que foi sendo agravado até o sétimo dia (Figura 1). Este resultado pode ser explicado de modo que com o processo evolutivo e relações bióticas existem evidencias de que os microrganismos se tornem extremamente específicos para determinado gênero ou espécie de hospedeiro chamado de *formae specialis*. Fator este que determinará o sucesso de um bioherbicida (Delourme *et al*., 2008; Wunderlich *et al*., 2008; Ash, 2010).

Figura 1. Efeito fitotóxico do extrato do isolado fúngico aos 7 DAT, em uma das repetições da aplicação

Na figura 1 observa-se uma das parcelas de aplicação onde tem-se 78,33% de dano na área foliar das plantas daninhas de *E. heterophylla.* Uma das plantas morreu e outras duas apresentam-se com capacidade de competição totalmente inibida, pela redução de tamanho das plantas e por apresentarem-se cloróticas.

Deste modo pode-se visualizar que não houveram danos na área foliar das outras plantas, o que é satisfatório que não houvesse fitotoxicidade nas culturas de interesse pois assim, pode ser possível pensar no uso deste isolado fúngico quando as culturas já estiverem instaladas. O bioherbicida sendo então seletivo ao leiteiro dentre as plantas que foram avaliadas.

Aos 15 dias de avaliação, os resultados continuaram promissores, porém as plantas começaram a emissão de novos brotos, o que explica a diminuição na porcentagem de danos na área foliar, sugerindo que o dano foi apenas de contato e não de forma sistêmica. A supressão dos danos pode estar relacionada a resposta hipersensitiva, esse fenômeno é uma das principais respostas de defesa da planta contra o ataque de patógenos, sendo uma resposta rápida e localizada na região de infecção do patógeno (Agrios, 2004).

Os danos observados na cultura da soja foram baixos, menores que 5% e não ocorreu em todas as repetições e, além disso, com o passar dos dias estes danos foliares não são mais evidenciados.

Na testemunha utilizada para controle, não houve aplicação do bioherbicida porém se aplicou o adjuvante dissolvido em água destilada para avaliar a possível fitotoxicidade que o óleo vegetal poderia vir a apresentar. Desde o 1 DAT até os 15 DAT não foi observado danos na área foliar em nenhuma das plantas. Deste modo pode-se afirmar que os danos foliares nas plantas foram devido ao potencial bioherbicida do isolado fúngico.

## 4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o isolado fúngico GaM1, tem potencial de herbicida já que se obteve controle de 80% das plantas de *Euphorbia heterophylla,* o que reduz a habilidade competitiva destas, com as culturas de interesse.

O Bioherbicida não apresentou fitotoxicidade sob as plantas cultivadas, principalmente para a soja, já que a *E. heterophylla* é uma planta daninha companheira desta cultura.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao FAPERGS, CNPq, CAPES, FINEP e UFFS pelas concessões de auxílios financeiros e bolsas na realização da pesquisa.

## 6. REFERÊNCIAS

Agrios, G. N, 2004. *Plant Pathology*. 5. Ed. San Diego, Califórnia, 922p.

Andanson, Audrey, 2010. *Evolution de l'agressivité des champignons phytopathogènes, couplage des approches théorique et empirique*. Tese de Doutorado. Nancy 1.

Ash, G. J, 2010. The science art business of successful bioherbicides. *Biological Control*, v.52, n.3, p.230-240, 2010.

Bailey, K. L, 2014. "The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens." *Integrated Pest Management*. 245-266.

Bajwa, A. A.; Walsh, M.; Chauhan, B. S, 2017. Weed management using crop competition in Australia. *Crop Protection*, v. 95, p. 8-13.

Conseil International De La Langue Française, 1971. In: La banque des mots : revue semestrielle de terminologie française. *Presses universitaires de France*, Paris.

Delourme, R. et al, 2008. Molecular and phenotypic characterization of near isogenic lines at QTL for quantitative resistance to Leptosphaeria maculans in oilseed rape (Brassica napus L.). *Theoretical and applied genetics*, v. 117, n. 7, p. 1055-1067.

Gazziero, Dionisio LP et al, 1998. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima ALS. *Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Gharde, Yogita et al, 2018. Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in india. *Crop Protection*, v. 107, p. 12-18.

Gianessi, L.P., Sankula, S., 2003. The value of herbicides in US crop production, April 2003. *National Center for Food and Agricultural Policy*, Washington.

Harding, D. P.; Raizada, M. N, 2015. Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: a review. *Frontiers in plant science*, v. 6, p. 659.

Heap, I, 2014. Herbicide resistant weeds. In*: Integrated pest management*. Springer, Dordrecht, p. 281-301.

Herth, A, 2011. Le bio-contrôle pour la protection des cultures: 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. *Rapport parlementaire auprès du 1er Ministre*.

Hinz, H. L. et al, 2014. Successes we may not have had: a retrospective analysis of selected weed biological control agents in the United States. *Invasive Plant Science and Management*, v. 7, n. 4, p. 565-579.

Radhakrishnan, R. Alqarawi, A. A. Abd_Allah, E. F, 2018. Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism. *Ecotoxicology and environmental safety*, v. 158, p. 131-138.

Reichert Júnior, F.W, 2017. *Controle de plantas daninhas e seletividade a culturas pela aplicação de isolados fúngicos*. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim.

Sardana, V. et al, 2017. Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. Crop Protection, v. 95, p. 1-7.

Sociedade Brasileira Da Ciência Das Plantas Daninhas, 1995. *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: SBCPD, 42p.

Souza, A. R. C, 2015. *Obtenção de isolados fúngicos a partir de recursos biológicos do bioma pampa com potencial no controle de plantas daninhas*. Tese de doutorado. Santa Maria, UFSM, 74p.

Vidal, R. A.; Merotto Júnior, A, 2001. *Herbicidologia.* Porto Alegre: Evangraf, 152 p.

Vidal, R. A.; Winkler, L. M, 2002. Resistência de plantas daninhas: seleção ou indução à mutação pelos herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS). *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 12, p. 31-42.

Wunderlich, N. et al, 2008. Penetration and symptom development of Pleiochaeta root rot in susceptible and resistant Lupinus albus cultivars. *Australasian Plant Pathology*, v. 37, n. 4, p. 387-391.

Zagonel, J; Venâncio, W. S; Kunz, P. R, 2000. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. *Planta Daninha*, v.18, p.143-150.

ZimdahL, R. L, 2018. *Fundamentals of weed science*. Academic Press.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CD AND PB CONTENTS IN SOILS AND LEAVES OF YERBA MATE IN RIO GRANDE DO SUL – BRAZIL

**Ederlan, Magri**
Universidade Federal do Paraná – PPG Ciências do Solo e Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim – PPG Ecologia, Avenida Sete de Setembro, 1621, CEP 99700-000, Erechim, RS, Brasil
E-mail: ederlan.magri@gmail.com

**Alice, T. Valduga**
**Sabrine, L. Rosset**
**Jean, M. Mocfa**
**Juliana, A. Ribeiro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim – Avenida Sete de Setembro, 1621, CEP 99700-000, Erechim, RS, Brasil.
E-mails: valice@uricer.edu.br, sabrinerosset@yahoo.com.br, 067273@aluno.uricer.edu.br, juli_ribeeiro@hotmail.com

**Itamar, L. Gonçalves**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPG Ciências Farmacêutica - Faculdade de Farmácia, Av. Ipiranga 2752, 90610-000. Porto Alegre-RS, Brasil
E-mail: itamar3141@yahoo.com.br

***Abstract.*** *Cadmium (Cd) and lead (Pb) are non-essential elements to humans and plants. Plants cultivate on contaminate soils can incorporate high concentrations of heavy metals. The work consisted in investigating the relation of heavy metals transfer, Cd and Pb the soil and leaves of yerba mate in two systems of production, forest and homogeneous planting, pre and post processing, from 32 places. Cd and Pb levels were measured by inductively coupled plasma mass spectrometry– Agilent 7700 ICP-MS. Cd content in 43.75% of processed mate exceeded the critical level (0.40 mg·kg$^{-1}$), while Pb levels not exceeded the critical level (0.60 mg·kg$^{-1}$). Were not found difference between Cd and Pb content in leaves before and after processing. The cultivation systems and fertilizer use did not exercised effect on heavy metals levels in soil and in nature leaves. Herbicide application produced an increase in Cd content in mate leaves. The industrial processing of mate not produced an increase in these heavy metals. They can be linked to the bioavailability determined by soil physico-chemical features.*

***Keywords****: Ilex paraguariensis, Heavy metals, bioavailability, concentration factor.*

## 1. INTRODUCTION

Due to rapid urban and industrial development, heavy metals pollution in soils occurs widely (Liu *et al*., 2015). The human activities generate undesirable substances to the environment, like the heavy metals, which are progressively accumulated in soil and water (Seshadri *et al*., 2016). The principal activities related to this question are mining, metal processing and applications of fertilizers (Li *et al*., 2009; Jiao *et al*., 2012; Yu *et al*., 2016). Soil contamination by heavy metals result in health risks to people (Wuana e Okieimen, 2011; Mori *et al*., 2016). Plants cultivate on contaminate soils can incorporate high concentrations of heavy metals (Alexander *et al*., 2006). This is an important problem around the world (Wei *et al*., 2016).

High levels of Cd in food crops can result in several damage to lungs and liver (Kabata-Pendias, 2010). However, the presence of Pb in food crops may cause neurobehavioral, systemic, immunological and reproductive effects (Abadin *et al*., 2007).

Furthermore, physico-chemical conditions of soil affect the uptake of this elements to plant, mainly soil pH (Kabata-Pendias, 2010; Ding *et al*., 2013; Liang *et al*., 2013). In addition, heavy metal accumulation can be modified by specific features of plant species, determined by genetic plant factors (Chen *et al*., 2016). The concentration factor (CF), express the uptake plant capacity of determinate element (Alexander *et al*., 2006). This value expresses the accumulation ability of heavy metals in plant tissue (Yang *et al*., 2008) and generally is different for each element (Xu *et al*., 2015).

The *Ilex paraguariensis*, culture has great commercial value in the southern states of Brazil. It is a plant whose leaves and short branches are processed for commercialization. The main use of yerba mate processed is in the infusion form. During manufacture, freshly harvested branches of yerba mate go through a severe heat treatment. First, they are subjected to direct exposure to flame (toast), followed by a final drying step where the raw material comes into direct contact with hot air and combustion gases from the burning of wood (Heck & Mejía, 2007; Schmalko & Alzamora, 2001).

The aim of this research was to determine the content to trace the production chain of mate in south of Brazil, in order to identify the possible sources of Cd and Pb contamination in mate.

## 2. MATERIALS AND METHODS

Soil and mate plant samples were collected from 32 representative mate farms, localized in Rio Grande do Sul state, south of Brazil, reaching 15 cities. The samples were collected between December of 2015 and January of 2016. For selection of these places, were considered the largest cities mate producers in the state. Additionally, were collected processed mate samples of the respective soil and mate plant collection places.

Soil samples were collected on the soil surface (0-20 cm depth). Were collected 20 sub-samples of each plantation randomly. Before to analyze these samples, it was dried at room temperature, sieved (2 mm) to remove the largest pieces and quarters, obtaining 200 g of sample.

Small branches containing mature mate leaves (identified in all text as mate leaves) of various plants were collected by random walk in the crops. The samples were dried in stove with forced air circulation at 35 ºC, until reach constant weight.

These samples were crushed in a knife mill and quarters in order to obtain a sample of 200 g. As a part of the study design, the leaves collected in crops, were processed in mate industry, localized in the same region. In industries, were randomly selected 10 packages of processed mate, that were quartered, obtaining a sample of 200g.

Soil digestion followed the methodology: (1) were weighed 1.0 g of sample, added 10 mL $HNO_3$, mixed and heated to 95 °C for 10 min. After allowed to cool, (2) were added 5 mL $HNO_3$ and heated 30 min at 95 °C. (3) Were added 2 ml of ultra-pure water (Milli'Q water) and 3 ml $H_20_2$ and warmed gently until effervescence subsides. (4) Continued to be added $H_20_2$, in 1 ml increments (maximum 10 ml), until homogenization of the sample. Lastly, (4) were added 5 ml HC1 and warmed for 10 min at 95 °C, (5) filtered (Whatman® No. 41 filter paper) and (6) diluted to 100 ml volumetric flask with Milli'Q water (Epa, 1996).

To plant sample and processed mate: (1) were weighed 0.5 g of each sample and transferred to polypropylene tubes for microwave digestion. (2) Were added 2 mL of Milli'Q water + 5 mL of $HNO_3$, and were exposed on microwave radiation. (3) The solution obtained was diluted with Milli'Q water to 50 mL and (4) filtered using a 12 µm membrane filter (International, 2005; Julshamn *et al*., 2013).

Cd and Pb levels were measured by inductively coupled plasma mass spectrometry– Agilent 7700 ICP-MS. This digestion and analyze was performed by EUROFINS ALAC, Garibaldi-RS, Brazil, and were expressed in $mg{\cdot}Kg^{-1}$.

Soil pH was measured in a solution of deionizer water (1:2.5 soil/water ratio) (Solos, 1997) using a pH meter QUIMIS Q400MT previously calibrated according to the manufacturer instructions.

The concentration factor (CF) was determined as the ratio between the level of heavy metal in plant and this values in soil, which can be calculated employing the Equation 1, in which Cplant is the heavy metal concentration in plant tissue, and Csoil represent the heavy metal content in the soil (Alexander *et al*., 2006).

$$CF=Cplant/Csoil \quad (1)$$

The data were analyzed using software R (Team, 2014). Cd and Pb levels in soil, plant and processed mate were compared by one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey test. To determine the difference between soil pH and CF also were used a one-way ANOVA. To assess the difference between Cd and Pb content in soil and plants samples with different cultivation system, use of fertilization and herbicide applications, were used tree-way ANOVA. Were considered different comparison with $p<0.05$. Additionally, correlation analysis of Cd and Pb content of the soil and plant sample were performed. To correlation analyze, statistical significance was established $p>0.7$.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Cd and Pb content in relation to industrial processing

Total of Cd and Pb content in soil, plant and processed mate are showed in **Table 1**. Cd levels in these samples ranged from 0.62 to 3.61, from 0.08 to 1.94, and from 0.11 to 2.34 $mg{\cdot}kg^{-1}$ in soil, plant and processed mate respectively. To Pb levels, these samples ranged from 6.50 to 20.63, from 0.07 to 0.58 and from 0.03 to 0.41 $mg{\cdot}kg^{-1}$, respectively.

The average of Cd and Pb content in world soils was measured as 0.41 and 27 $mg{\cdot}kg^{-1}$, respectively (Kabata-Pendias, 2010). In this study, the maximum content of Pb in soil (20.63 $mg{\cdot}kg^{-1}$) was lesser than the world average, however the minimum content Cd in soil (0.62 $mg{\cdot}kg^{-1}$) was greater than the world average. The average content of Cd

level in world soils ranged between 0.10 - 1.10 mg·kg$^{-1}$ (Fadigas *et al*., 2006). The present research identified that 21 of 32 studied places (65.62% of the total) had Cd soil between 1.10 and 3.61. Additionally, in 43.75% of studied places, Cd content in processed mate samples exceeded the ratified limit (0.4 mg·kg$^{-1}$) that was specified by the food security standards in South America (Brasil, 2013).

**Table 1.** Total of Cd and Pb levels (mg·kg$^{-1}$) in soil (0-20 cm depth), plant samples (small branches) and processed mate.

| Heavy metal | Samples | Min. | Max. | Mean | SD |
|---|---|---|---|---|---|
| Cd | Soil | 0.62 | 3.61 | 1.81 | ±0.88 |
| | Plant sample | 0.08 | 1.94 | 0.44 | ±0.45 |
| | Processed mate | 0.11 | 2.34 | 0.66 | ±0.53 |
| Pb | Soil | 6.50 | 20.63 | 13.86 | ±3.94 |
| | Plant sample | 0.07 | 0.58 | 0.22 | ±0.12 |
| | Processed mate | 0.03 | 0.41 | 0.21 | ±0.10 |

The Pb concentration in processed mate had not exceeded the ratified limit (0.6 mg·kg$^{-1}$), moreover some to mate leaves/small branches presented levels very close to this value. The presence of these elements in agricultural crops is no novelty. Currently, Cd is one of heavy metals more available to plants in agricultural soils (Kabata-Pendias, 2010). Many studies around the world are being conducted, revealing that Cd and Pb presence exceeded the ratified limit in several agricultural crops, as rice in Japan (Mori *et al*., 2016; Seshadri *et al*., 2016), cacao in Equator (Chavez *et al*., 2016), spinach (Liang *et al*., 2013), canola and wheat in China (Chen *et al*., 2016).

The comparison among soil, in nature leaves and processed mate samples showed that there is no difference between in nature leaves and processed mate (p=0.40; and p=0.99; respectively to Cd and Pb) – **Figure 1**. Additionally, it was evident the higher values of Cd and Pb content in soil samples than in nature leaves (p<0.01) and processed mate (p<0.01).

Around the world, soils became the greater deposit of several heavy metals (Seshadri *et al*., 2016), resulting from geological processes (Tiller, 1989; Facchinelli *et al*., 2001) and anthropogenic action (Liu *et al*., 2015), representing a global problem (Liu *et al*., 2015). Thus, heavy metals may be transferred in food chain (Liu *et al*., 2007), and it is possible that these values in food exceeds the recommended levels in soils with low contents (Arao *et al*., 2010). The results of the present work indicated that the presence of Cd and Pb in processed mate is consequence of the uptake of these elements from the soil to mate plants. Therefore, this study discards the hypothesis that industrial processing could contaminate with Cd and Pb the final product.

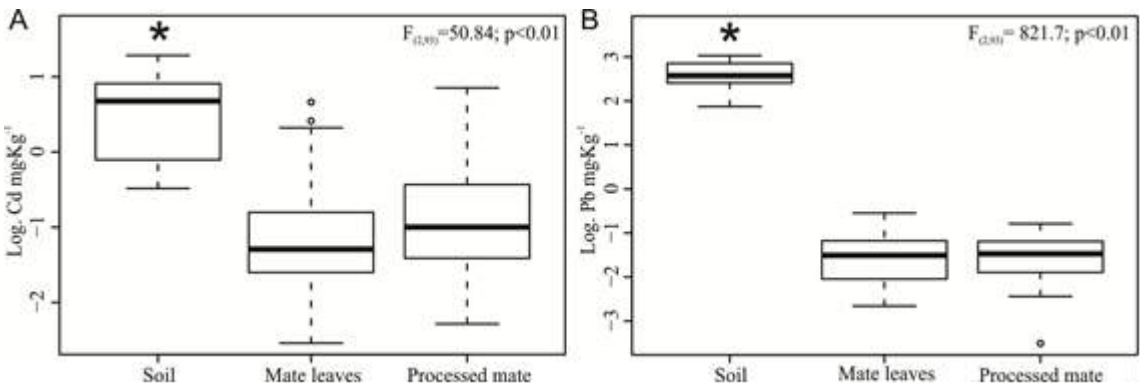



**Figure 1.** Bloxplot of the Cd (A) and Pb (B) levels in soil, plant and processed mate. (*) p<0.05 if compared with mate leaves and processed mate, considering one-way ANOVA followed by Tukey test.

3.2. Cd and Pb content according to mate production system

According to mate production system, 19 mate farms were defined as dense cultivation (monoculture), and 13 represent mate were classified as plantation in forests (agroforestry system). Cd and Pb concentration in dense crops and in forests plantings are showed in Table 2 and the comparison among places, according to mate production system, use of fertilization and herbicide applications are showed in Fig. 3.

The results showed that there is no significate difference between the soil samples, of mate production system: dense cultivation and forests system (F(1,30)=0.31; p=0.58 to Cd and F(1,30)=0.37; p=0.55 to Pb). Same results were found to fertilization use (F(1, 30)=1.75; p=0.20; and F(1,30)=0.02; p=0.89, respectively to Cd and Pb). In a similar way, there was no difference to herbicide application (F(1,30)=0.25; p=0.62 to Cd and F(1,30)=0.05; p=0.80 to Pb). In the same way, to in nature mate leaves, was no found significate difference in the Cd and Pb content of mate production system (dense cultivation and forests system) (F(1,63)=0.13; p=0.72; F(1,30)=0.02; p=0.87) and to fertilization use (F(1,30)=0.00; p=0.98; F(1,30)=0.07; p=0.79; to Cd and Pb respectively). However, the herbicide application did not affected the levels of Pb (F(1,30)=1.54; p=0.22), while Cd content was affected by this variable (F(1,30)=13.08; p<0.01). Therefore, dense mate cultivation and forests mate system presented the same Cd and Pb levels in soil, independent of the use of fertilization or herbicide application. Additionally, mate leaves also presented levels of these metals independent of the mate cultivation system and use of fertilization, but the herbicide application showed to be related with greater transferred of Cd to plant.

**Table 2.** Cd e Pb levels (mg·kg$^{-1}$) in soil (0-20 cm depth), plant samples (leaves and small branches) and processed mate of represent dense plantings and forests plantation (agroforestry system).

| Heavy metal | Samples | Min. | Max. | Mean | SD |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Dense cultivations (mg·kg$^{-1}$)* | | |
| Cd | Soil | 0.75 | 3.61 | 1.85 | ± 0.85 |
| | Plant sample | 0.08 | 1.94 | 0.43 | ± 0.47 |
| | Processed mate | 0.11 | 2.34 | 0.64 | ± 0.56 |
| Pb | Soil | 6.50 | 20.63 | 14.41 | ± 4.51 |
| | Plant sample | 0.13 | 0.47 | 0.23 | ± 0.11 |
| | Processed mate | 0.09 | 0.41 | 0.22 | ± 0.10 |
| | | | *Forests system (mg·kg$^{-1}$)* | | |
| Cd | Soil | 0.62 | 3.20 | 1.75 | ± 0.94 |
| | Plant sample | 0.10 | 1.51 | 0.46 | ± 0.45 |
| | Processed mate | 0.18 | 1.45 | 0.67 | ± 0.47 |
| Pb | Soil | 7.90 | 17.94 | 13.06 | ± 2.89 |
| | Plant sample | 0.07 | 0.58 | 0.23 | ± 0.13 |
| | Processed mate | 0.03 | 0.53 | 0.25 | ± 0.16 |

Heavy metals contamination in several agricultural crops was related with phosphate fertilization use (Sebastian e Prasad, 2014; Quezada-Hinojosa *et al*., 2015; Moreno-Jiménez *et al*., 2016). Cd contamination in rice crops consist an example (Mori *et al*., 2016). The use of phosphorus-based fertilizer can insert Cd and Pb in the soil (Gupta *et al*., 2014). Phosphate fertilizers, common in Brazilian agricultural, contains Cd levels between 3 and 43 mg·kg$^{-1}$ (Bizarro *et al*., 2008). Therefore, Cd and Pb contents in soil may increase with the adoption of this cultivation technique. However, fertilization applied in mate plantations are very poor in phosphate fertilization, according to technical farmer mate information. Soils analyses in mate farms show high P levels, dispensing use of phosphorus-based fertilizer.

## 4. CONCLUSIONS

Mate cultivation system and fertilizer use not produced difference in leaves cd and pb content. However, herbicide application affected cd content in in nature mate leaves. The concentration factor was higher for cd than pb. The industrial processing of mate not produced an increase in cd and pb levels, this increase can be produced in the soil by changes in physico-chemical proprieties and biological activities.

## 5. REFERENCES

Abadin, H., *et al*, 2007. Toxicological profile for lead.

Alexander, P.; Alloway, B.; Dourado, A., 2006. Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. Environmental Pollution, v. 144, n. 3, p. 736-745. ISSN 0269-7491.

Arao, T. *et al*., 2010. Heavy metal contamination of agricultural soil and countermeasures in Japan. Paddy and Water Environment, v. 8, n. 3, p. 247-257. ISSN 1611-2490.

Bizarro, V. G.; MEURER, E. J.; TATSCH, F. R. P., 2008. Cadmium contents of phosphate fertilizers marketed in Brazil. Ciência Rural, v. 38, n. 1, p. 247-250. ISSN 0103-8478.

Brazil, August 29, 2013. Resolution RDC No. 42. OFFICIAL, D. D. U. Brazil: Diário da União. 168: 35 p. 2013.

Chavez, E. *et al*., 2016. Chemical speciation of cadmium: An approach to evaluate plant-available cadmium in Ecuadorian soils under cacao production. Chemosphere, v. 150, p. 57-62. ISSN 0045-6535.

Chen, H. *et al*, 2016. Characteristics of heavy metal transfer and their influencing factors in different soil–crop systems of the industrialization region, China. Ecotoxicology and environmental safety, v. 126, p. 193-201. ISSN 0147-6513.

Ding, C. *et al*, 2013. Prediction model for cadmium transfer from soil to carrot (Daucus carota L.) and its application to derive soil thresholds for food safety. Journal of agricultural and food chemistry, v. 61, n. 43, p. 10273-10282. ISSN 0021-8561.

Epa, U., 1996. Method 3050b acid digestion of sediments, sludges, and soils 1.0 scope and application.

Fadigas, F. D. S. *et al*., 2006. Estimation of reference values for cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, and zinc in Brazilian soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 37, n. 7-8, p. 945-959. ISSN 0010-3624.

Facchinelli, A.; Sacchi, E.; Mallen, L., 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. Environmental Pollution, v. 114, n. 3, p. 313-324, 10//. ISSN 0269-7491. Available in: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749100002438 >.

Gupta, D. *et al*., 2014. Role of phosphate fertilizers in heavy metal uptake and detoxification of toxic metals. Chemosphere, v. 108, p. 134-144. ISSN 0045-6535.

Heck, C. I., Mejia, E. G., 2007. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. Journal of Food Science 72(9): R138-51.

International, A., 2005. Official methods of analysis of AOAC International. AOAC International. ISBN 0935584757.

Jiao, W. *et al*., 2012. Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: a review. Environmental Pollution, v. 168, p. 44-53. ISSN 0269-7491.

Julshamn, K. *et al*., 2013. Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods by pressure digestion and inductively coupled plasma/mass spectrometry: first action 2013.06. Journal of AOAC International, v. 96, n. 5, p. 1101-1102. ISSN 1060-3271.

Kabata-Pendias, A., 2010. Trace elements in soils and plants. CRC press. ISBN 1420093703.

Li, J. *et al*., 2009. Distribution of heavy metals in agricultural soils near a petrochemical complex in Guangzhou, China. Environmental monitoring and assessment, v. 153, n. 1-4, p. 365-375. ISSN 0167-6369.

Liang, Z. *et al*., 2013. Major controlling factors and predictions for cadmium transfer from the soil into spinach plants. Ecotoxicology and environmental safety, v. 93, p. 180-185. ISSN 0147-6513.

Liu, J. *et al*., 2007. Uptake and translocation of Cd in different rice cultivars and the relation with Cd accumulation in rice grain. Journal of Hazardous Materials, v. 143, n. 1, p. 443-447. ISSN 0304-3894.

Liu, K. *et al*., 2015. Major factors influencing cadmium uptake from the soil into wheat plants. Ecotoxicology and environmental safety, v. 113, p. 207-213. ISSN 0147-6513.

Moreno-Jiménez, E. *et al*., 2016. Availability and transfer to grain of As, Cd, Cu, Ni, Pb and Zn in a barley agri-system: Impact of biochar, organic and mineral fertilizers. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 219, p. 171-178. ISSN 0167-8809.

Mori, M. *et al*., 2016. Suppression of cadmium uptake in rice using fermented bark as a soil amendment. Chemosphere, v. 148, p. 487-494. ISSN 0045-6535.

Quezada-Hinojosa, R. *et al*., 2015. Cadmium accumulation in six common plant species associated with soils containing high geogenic cadmium concentrations at Le Gurnigel, Swiss Jura Mountains. Catena, v. 124, p. 85-96. ISSN 0341-8162.

Sebastian, A.; Prasad, M. 2014. Vertisol prevent cadmium accumulation in rice: Analysis by ecophysiological toxicity markers. Chemosphere, v. 108, p. 85-92. ISSN 0045-6535.

Seshadri, B. *et al*., 2016. Phosphorus–cadmium interactions in paddy soils. Geoderma, v. 270, p. 43-59. ISSN 0016-7061.

Schmalko, M. E; Alzamora, S. M., 2001. Color, chlorophyll, caffeine, and water content variation during yerba-mate processing. Drying Technology, v.19, n.3, p.597-608. Available in: <http://dx.doi.org/10.1081/DRT-100103937>. Acessed in august 2018.

Solos, E., 1997. Manual of methods of soil analysis. Rio de Janeiro.

Team, R. D. C., 2014. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

Tiller, K., 1989. Heavy metals in soils and their environmental significance. In: (Ed.). Advances in soil science: Springer. p.113-142.

Wei, M.; Chen, J.; Wang, X., 2016. Removal of arsenic and cadmium with sequential soil washing techniques using Na 2 EDTA, oxalic and phosphoric acid: Optimization conditions, removal effectiveness and ecological risks. Chemosphere, v. 156, p. 252-261. ISSN 0045-6535.

Wuana, R. A.; Okieimen, F. E., 2011. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. Isrn Ecology, v. 2011. ISSN 2090-4614.

Xu, C. *et al*., 2015. Concentrations of heavy metals in suburban horticultural soils and their uptake by Artemisia selengensis. Pedosphere, v. 25, n. 6, p. 878-887. ISSN 1002-0160.

Yang, H. *et al*., 2008. Heavy metals in wetland plants and soil of Lake Taihu, China. Environmental Toxicology and Chemistry, v. 27, n. 1, p. 38-42. ISSN 1552-8618.

Yu, H.-Y. *et al*., 2016. The availabilities of arsenic and cadmium in rice paddy fields from a mining area: The role of soil extractable and plant silicon. Environmental Pollution, v. 215, p. 258-265. ISSN 0269-7491.

## 6. RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI

# Engenharia de Alimentos, Engenharia Química e Química Industrial: Processos Tecnológicos e Biotecnológicos

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# USO DO MÉTODO DE MELHORIA CONTÍNUA NA REDUÇÃO DE PERDAS NO PROCESSO DE DESOSSA EM FRIGORÍFICO DE AVES

**Keneti Soccol**
**Aline Matuella Moreira Ficanha**
**Jaqueline Maiorka**
**Ricardo Ficanha**
kenisoccol@hotmail.com
alineficanha@cesurg.com.br
producao.marau@cesurg.com.br
ricardoficanha@cesurg.com.br
Centro de Ensino Riograndense (CESURG). Av. Julio Borella, 1968, Centro – Marau- RS

***Abstract.*** As empresas buscam melhorar seu processo produtivo, visando produzir com qualidade. O ciclo PDCA e as ferramentas da qualidade consistem em uma série de ações voltadas a problemas em processos. O presente estudo buscou métodos para mensurar e estudar possíveis desperdícios operacionais antes e depois da intervenção no setor de desossa de coxa, sabendo assim, os possíveis ganhos para a empresa com o estudo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi implantar o método de melhoria contínua (Ciclo PDCA) e de outras ferramentas da qualidade no setor de desossa de coxa de um frigorífico de abate de aves. Os dados foram coletados no setor de desossa para mensurar e compreender a perda. Com o auxílio da ferramenta 5W2H foram elaborados os planos de ação para cada intervenção feita para compreender melhor cada passo do plano. Com as três ações foi possível um ganho de produtividade diária de aproximadamente 680 kg/dia, além de uma melhoria no rendimento do setor de desossa de coxa. Com a elaboração de um plano de ação foi possível aplicar as ações corretivas adequadas, melhorando o processo, reduzindo as perdas e aumentando a produtividade.

***Keywords:*** *Ciclo PDCA. Ferramentas da Qualidade. Melhoria de Processo.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a globalização do mercado, a busca por qualidade vem aumentando constantemente. A qualidade passou a ser priorizada a partir dos anos de 1970. As empresas que se adaptaram na época passaram a ter vantagens competitivas em relação as demais. Hoje sem dúvida, os clientes estão cada vez mais exigentes, e um dos maiores diferencias na hora das compras é a busca por qualidade. Com isso, a percepção de qualidade pelos consumidores é o julgamento a respeito da excelência do produto ou fornecedor.

Assim, os produtos e processos sofrem continuamente mudanças e melhorias na busca por espaço e competitividade no mercado. Devido a estas mudanças, faz-se necessário que as organizações promovam melhorias contínuas em seus produtos e processos, com o uso de métodos e ferramentas da gestão de qualidade (Carpinetti, 2012).

Existem diferentes métodos e ferramentas para a melhoria dos processos, destaca-se o método de melhoria contínua, o ciclo PDCA. Esta foi uma das primeiras ferramentas de gestão de qualidade, desenvolvido na década de 20, passando a ser conhecida mundialmente. Por ser uma técnica simples, é utilizada em controle de processos industriais, podendo ser empregada em gerenciamentos de atividades das organizações (Falconi, 2009).

Esta é uma ferramenta bastante confiável quando se fala em controle e coleta de resultados nas organizações. É um eficiente modo de apresentar melhorias de processo, fácil de compreender, padronizar informações e controlar a qualidade. A melhoria contínua passou a fazer parte das organizações mundiais em um ritmo muito alto. Ela tornou-se fundamental e indispensável para o sucesso das organizações, se tornando um dos principais pontos da gestão da qualidade (Nascimento, 2011).

O gerenciamento de processos significa a introdução do gerenciamento contínuo via PDCA, seu processo consta em implementar e aprimorar melhorias com base nos padrões estabelecidos pela organização. Desta forma, o presente estudo busca métodos para mensurar e estudar possíveis desperdícios operacionais antes e depois da intervenção no setor de desossa de coxa, sabendo assim, os possíveis ganhos para a empresa com o estudo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi a implantação do método de melhoria contínua (Ciclo PDCA) e de algumas das ferramentas da qualidade no setor de desossa de coxa de um frigorifico de abate de aves no estado do Rio Grande do Sul. Nesse sentido, os objetivos específicos

foram analisar e mensurar as perdas no processo de desossa de coxa; identificar as melhorias necessárias; aplicar ações corretivas e padronizar as melhorias aplicadas; elaborar um plano de ação para diminuir a perda no processo.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Empresa em estudo

O presente estudo foi realizado em um frigorifico de abate de aves do estado do Rio Grande do Sul. Organização que visa melhorar e aperfeiçoar seu processo produtivo. A coleta de dados teve início no mês de março de 2017 até o mês de maio de 2018. O problema foi relatado pelo supervisor do setor em uma reunião, em seguida foi realizado inicialmente um embasamento teórico em Gestão da Qualidade e Ferramentas da Qualidade para compreender que ação poderia ser tomada.

### 2.2 Setores em Estudo

O setor em estudo é o de desossa de pernas e é dividido em dois turnos, conta com 118 colaboradores no primeiro turno e 116 colaboradores no segundo turno. Este setor é responsável por industrializar aproximadamente 75 toneladas de coxas com osso e BL (coxa desossada) por dia. Essas coxas são trazidas por uma esteira logo após serem separadas da carcaça do frango. Em seguida passam por outro processo de separação, que é a retirada da anqueta, osso onde as coxas ficam presas separando assim a coxa esquerda da coxa direita. Após esta separação, as coxas seguem na esteira penduradas individualmente até as máquinas de desossa automática.

A empresa conta com 20 *mayekawa* (máquinas de desossa automática), as quais são responsáveis por desossar aproximadamente 320 mil coxas por dia. Depois de passar pelo processo de desossa automática, esses BL´s caem em uma cuba onde serão revisados por um colaborador treinado capaz de identificar e retirar pequenos ossos que as vezes ficam na peça, também são retirados os excessos de pele.

Foi nesta etapa do processo que se deu início do estudo. Os ossos da perna caem em outra cuba onde será retirado a cartilagem de joelho, produto bastante valorizado pelo mercado oriental. Após a classificação do BL as peças seguem em outra esteira onde serão embaladas e enviadas para os tuneis de congelamento.

### 2.3 Análise, mensuração das perdas no processo de desossa de coxa e identificação das melhorias necessárias

Inicialmente foi realizado o acompanhamento do processo produtivo do setor de desossa de coxa. O estudo científico foi realizado por meio de dados coletados no setor, levando em conta perda de processo no manuseio do BL (coxa desossada) e coxas com osso. Não foram levados em consideração perdas em outros setores da empresa.

A análise de perda deste setor foi feita por meio de coletas de dados diários, possibilitando visualizar e mensurar a real situação deste problema e quantificar a perda. Foram feitos testes junto a esteira com destino a bomba de sucção para o DSP (depósito de subproduto). Estes testes foram feitos diariamente no segundo turno, eram feitas duas coletas de dados dentro deste período, uma na parte da manhã e outra na parte da tarde com duração de cinco minutos. Eram coletados todos os BL’s (coxas desossadas), coxas com osso e toda a pele que eram encontradas na esteira com destino ao DSP, após quantificados em balança e os valores anotados.

Os dados foram coletados antes da intervenção e inseridos em planilhas para realizar a comparação após a melhoria. A coleta de dados deste estudo teve como objetivo compreender e melhorar o processo produtivo. Após, foi definido quais ferramentas da qualidade poderiam ser aplicadas para melhoria deste processo a fim de reduzir as perdas e maximizar os lucros e o rendimento deste processo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise, mensuração das perdas no processo de desossa de coxa e identificação das melhorias necessárias

Foram analisados inicialmente durante aproximadamente um mês o setor de desossa deste frigorifico, conhecendo o processo e observando a perda com auxílio dos líderes e supervisor do setor. O Quadro 1 apresenta as atividades previstas com o auxílio da ferramenta de qualidade 5W2H, este quadro está dividido em 3 ações, propostas para este estudo.

O plano de ação ajuda a compreender melhor o estudo. Cada ação proposta será explicada nos itens que segue no trabalho. Visto que a perda de BL e coxa com osso na bomba de sucção ao DSP era muito alto, se deu início a uma coleta de dados diária no setor, com esses dados foi proposto um plano de ação de substituir a calha que dá acesso a esteira por um suporte para adaptação de uma bacia, com isso a chance de queda dessas peças de BL e coxa com osso na esteira do DSP seria praticamente nula.

Quadro 1. Atividades prevista por meio do 5W2H para solucionar problema

| **O que? (*What*)** | **Por que? (*why*)** | **Quem? (*Who*)** | **Quando? (*When*)** | **Onde? (*Where*)** | **Como? (*How*)** | **Quanto? (*How much*)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ação 1** Substituir calha onde são descartados os refiles por suportes para adaptação de bacias na classificação. | Evitar perda de BL's e refile de coxa. Realizar coleta, classificação destinando para local correto. | Manutenção | 07/17 | Setor de Desossa de Coxa | Cortar calha e fixar suporte para bacias | Sem desembolso |
| **Ação 2** Coletar o refile das bacias das mesas e destinar para moer. | Este refile que caia na esteira agora poderá ser coletado e destinado como matéria prima para fabricação de embutidos | Supervisor do setor | 09/17 | Setor de Desossa de Coxa | O supervisor destinara um colaborador para coletar a pele e destinar para sala de moagem. | Sem desembolso |
| **Ação 3** Diminuir a percentagem de carne no refile. | Diminuir a porcentagem de carne no refile de 11% para menos de 8%. | Keneti Soccol | 12/17 | Setor de Desossa de Coxa | Foram feitos testes individuais, coletando a pele na bacia de cada máquina | Sem desembolso |

Com a coleta de dados feita no setor foi possível perceber que a quantidade de refile de pele desperdiçada no DSP era muito grande, com isso foi proposto também uma ação de coletar todo o refile das bacias adaptadas nas mesas de classificação do BL, em seguida classificar e moer esse refile para venda como matéria-prima para outras empresas na fabricação de novos produtos.

Visto através de testes de produtividade que a porcentagem de carne no refile coletado estava em cerca de 11%, foi proposto um plano de ação para diminuir essa quantidade de carne perdida. Todas as três ações citadas no Quadro 1 foram explicados como, quando, onde, seu período, além de delegar a responsabilidade de cada ação do estudo. Na Figura 1, observa-se possíveis causas das perdas deste setor, com o auxílio do diagrama de causa e efeito.

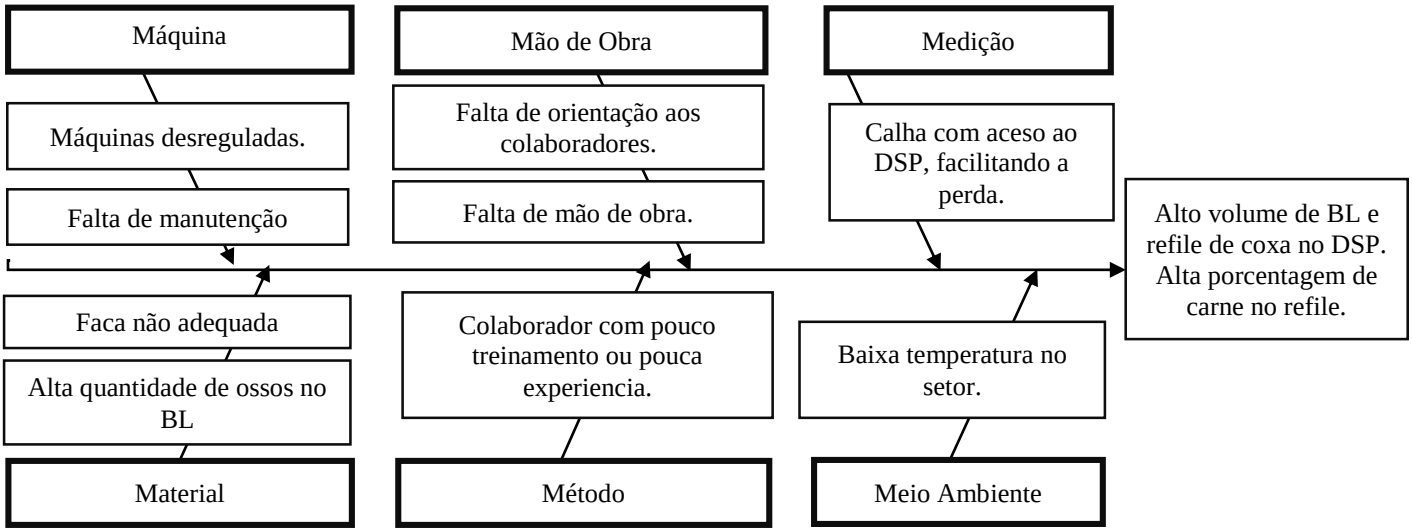



Figura 1. Identificação de possíveis causas do problema

Com auxílio da ferramenta da qualidade é possível observar as causas das perdas do setor de desossa. Essas possíveis causas são variadas, mas podem impactar diretamente nas perdas do setor.

### 3.2 Aplicação das ações corretivas e padronização das melhorias

As análises realizadas consistem em 3 ações. A primeira buscou reduzir a quantidade de BL e coxa com osso no DSP, a segunda a quantidade de refile perdida no DSP e a terceira a quantidade de carne perdida no refile de coxa.

A Figura 2 apresenta os resultados da Ação 1. Na primeira ação foi mensurada as perdas de BL, coxa com osso e refile (pele) no DSP.

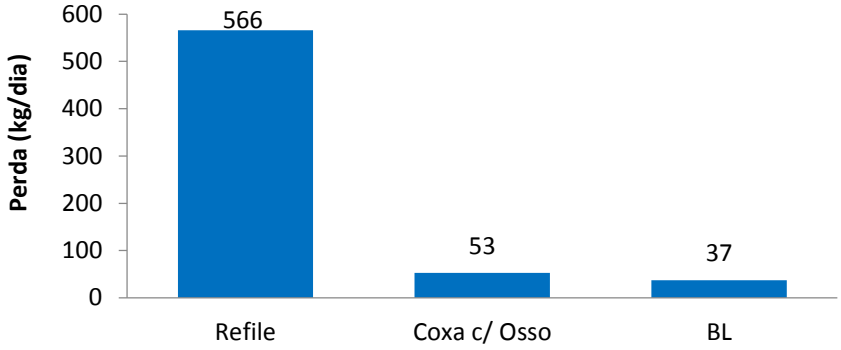



Figura 2. Perdas no mês de julho de 2017

Observa-se que a quantidade média em kg/dia perdida no mês de julho de 2017 dos produtos citados é considerada alta, lembrando que o objetivo desta ação é diminuir ou tornar nula a perda de BL e coxa com osso que representa o maior valor agregado, porém com esse estudo percebeu-se a necessidade de um novo estudo.

Percebe-se a necessidade de uma nova intervenção neste setor, pois, em média 600 kg/dia de refile de coxa foram jogados no DSP no segundo turno. Das três perdas citadas, o refile foi o que apresentou o maior volume perdido, pois o refile antes da adaptação do suporte para bacias era descartado totalmente para o DSP, pois não tinha como ser coletado. O refile representa a maior perda em kg/dia, mas seu valor agregado é cerca de três vezes menor que os demais, por isso esta perda também precisa ser estudada para diminuir ou até torná-la nula essa perda. Nesta etapa do trabalho, aplicou-se a Ação 2.

Após as ações 1 e 2 serem realizadas uma nova ação entrou em questionamento buscando melhoria continua no setor (Ação 3), desta forma foram realizados testes diários para reduzir a carne no refile. Desta quantidade de refile coletada do setor, por meio de testes de produtividade foram analisados e visto que aproximadamente 11% deste refile eram carne, por isso foram feitas melhorias através deste estudo buscando diminuir ao máximo esta perda considerando que a meta era atender e ficar abaixo de 8%.

### 3.3 Identificação das melhorias necessárias

A Figura 3 apresenta a identificação das ações realizadas. Por meio da ação 1 observou-se que a quantidade de BL, coxa com osso estavam altos. Os números foram mostrados em uma reunião diária de produtividade para o supervisor e operadores do setor. Como esse número de perda mostrou-se alto, optou-se por substituir as calhas que ficam na frente da pessoa que classifica o BL por um suporte, onde seria acoplado uma bacia como mostra a Figura 3a.

Figura 3: Identificação das ações 1, 2 e 3
(a) substituição da calha por bacia; (b) coleta de pele; (c) carne no refile
Fonte: Autores, 2018.

Como é possível observar (Figura 3a) que a calha que antes dava acesso a uma esteira foi substituída por um suporte onde é possível encaixar uma bacia, com isso evitando a queda de BL e coxas na esteira, consequentemente, diminuído esta perda. Na ação 2 (Figura 3b), com a adaptação das bacias na classificação do BL, foi possível coletar todo o refile gerado pelas vinte pessoas que estão neste posto. Com isso, foi adaptado uma mesa onde esse refile após ser

coletado vai passar por uma seleção para ver se tem ossos em seguida será embalado e destinado a sala de moagem onde lá será moído e vendido como matéria-prima na fabricação de outros produtos.

Após as duas intervenções realizadas começou-se a Ação 3 (Figura 3c) e observou-se o que poderia ser melhorado ainda no setor. Por meio de testes com o refile de coxa coletado foi visto que o mesmo tinha aproximadamente 11% de carne sendo que a meta é no máximo 8%. A partir disso, começou um estudo com objetivo de atender a meta, através de testes diários passou a ser coletado nas vinte bacias uma amostragem de aproximadamente 500 g com isso eram feitos os testes das vinte pessoas que estariam classificando. Se esta pessoa atendeu os 8% ela seria parabenizada caso contrário passaria por um treinamento e orientação dos líderes de setor buscando atender a meta. Na Figura 3c está apresentada uma amostragem de refile de coxa que foi utilizada para fazer um teste de percentual de carne no refile, nesta amostragem percebesse visivelmente uma quantidade de carne acima da meta.

### 3.4 Elaboração do plano de ação

Com objetivo de compreender e acompanhar de uma forma facilitada as três ações, foram elaborados planos de ação para cada atividade desenvolvida com o auxílio da ferramenta da qualidade 5W2H que tem a função de tornar o plano de ação o mais claro possível para mapear cada uma das atividades.

No plano de ação feito para auxiliar na ação 1 do setor de desossa, foi proposto a substituição da calha por um suporte de bacia, também a reorientação dos colaboradores até a realização de um novo estudo, com isso foi possível visualizar as etapas da ação 1, sabendo como, quando, onde, por que das intervenções, além de delegar a liderança de cada ação.

A função de auxiliar na melhoria da ação 2 foi dividida em três ações, a primeira é, coletar o retalho das bacias, classificar e destinar para moer, o segundo treinar os colaboradores para essa nova função e o terceiro realizar um novo estudo sempre buscando uma melhoria continua dentro do setor.

Também foi desenvolvido um plano de ação para a ação 3, que busca reduzir o percentual de carne no refile do BL, para isso os colaboradores terão que ser reorientados e treinados, no plano mostra, como nos outros planos, quem são os responsáveis por cada ação, além de mostrar como será feito, o prazo e o custo da ação. Seguindo os planos de ação de cada atividade detalhadamente o objetivo deste estudo será alcançado.

### 3.5 Aplicação das ações corretivas e padronização das melhorias

Na ação 1 foram substituídas as calhas de acesso a esteira por suportes de bacia para a fixação de bacias, com essa ação os BL's, coxas e refile que eram largados na esteira ficaram todos na bacia, com isso acabando com essas perdas. Essa ação foi padronizada na empresa a partir desta ação. Após a ação 1 e a bacia ser adaptada nas mesas de classificação das vinte máquinas a pele que antes era desperdiçada e iria parar no DSP passou a ser coletada por um colaborador. Após coletar a pele esse colaborador irá selecionar e ensacar essa pele, em seguida irá destinar para a sala de moagem, onde lá a pele irá ser moída e destinada para os tuneis de congelamento. Esse retalho moído será vendido como matéria prima para outras empresas na fabricação de outros produtos.

Na ação 3 por meio de testes com amostragens das vinte máquinas foi possível orientar e treinar os colaboradores que excediam a meta, com isso foi possível aperfeiçoar a classificação do BL chegando a 2,7% apenas de carne na pele como mostra a Figura 4.

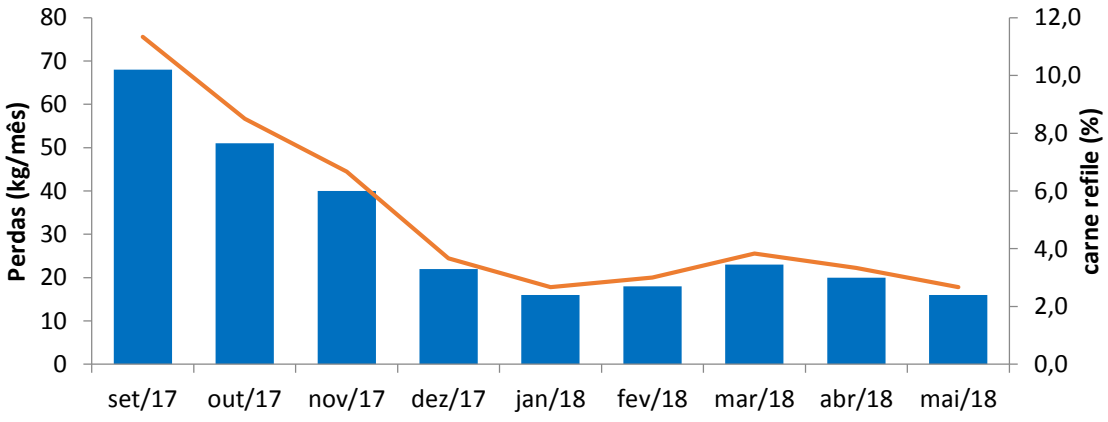



Figura 4. Resultados de perda e porcentagem de carne no refile durante a intervenção

Na Figura 4 é possível verificar de uma forma mais facilitada a melhoria feita no setor, sendo que no mês de setembro de 2017 a perda diária de carne no refile se aproximava a 70 kg. Já no mês de maio de 2018, o volume perdido foi de 16 kg, o representou uma redução de aproximadamente 50 kg/dia.

A Figura 5 apresenta o ganho em kg/dia de refile, coxa com osso e BL das ações 1 e 2, com a melhoria feita no processo foi possível obter uma grande redução dessa perda.

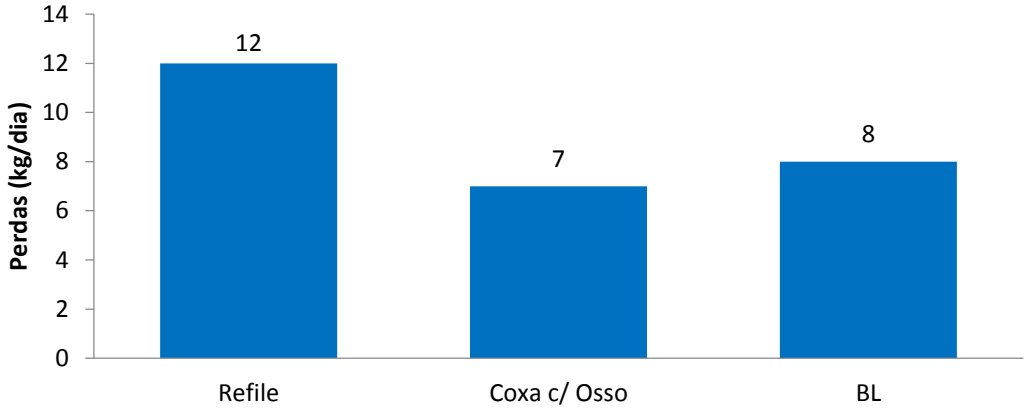



Figura 5. Quantidade de BL, coxa com osso e refile perdidos no mês de Março de 2018 (kg/dia)

É possível perceber uma redução de perda de produto diária de 656 kg/dia para 27 kg/dia, ou seja, houve uma redução de 95,8 %. Desta redução, 566 kg/dia de refile para 12 kg/dia (redução de 97,9%), 53 kg/dia de coxa com osso para 7 kg/dia (redução de 86,8%) e 37 kg/dia de BL para 8 kg/dia (redução de 78,4%). Esses resultados demonstram melhora após a aplicações das ações com uma grande redução nas perdas e, desta forma, obtendo um ganho financeiro para a empresa.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com implantação do método de melhoria continua (PDCA) e de outras ferramentas da qualidade no setor foi possível analisar e mensurar as perdas para buscar as melhorias necessárias por meio de um plano de ação. As ferramentas adotadas foram eficientes. Com as três ações aplicadas foi possível um ganho de produtividade diária, com uma redução de perdas de aproximadamente 98 % por dia.

## 5. REFERENCIAS

Carpinetti, L. C. R., Miguel, P. A. C., Gerolamo, M. C., 2011.Gestão da Qualidade ISO 9001:2008: princípios e requisitos. 4. ed. São Paulo: Atlas,

Falconi, V., 2009. O verdadeiro poder. Nova Lima. INDG.

Nascimento, A. F. G., 2011. A Utilização Da Metodologia Do Ciclo Pdca No Gerenciamento Da Melhoria Continua. <http://www.icap.com.br/biblioteca/175655010212_Monografia_Adriano_Fagner.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2018.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE TÉRMICA DA LIPASE CALLERA TRANS L IMOBILIZADA EM SUPORTE DE ALGINATO-GELATINA

**Andressa Franco Denti**
**Carolina Elisa Demaman Oro**
**Marshall Paliga**
**Tiago dos Santos Gonçalves**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Bruna Maria Saorin Puton**
**Alice Valduga**
**Luciana Dornelles Venquiaruto**
**Rogério Marcos Dallago**
Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil. andressa.franco98@hotmail.com, carolinae.oro@hotmail.com, marshallpaliga@gmail.com, tiago.santos@ifc.edu.br, ilizandrafernandes@yahoo.com.br, brunnaputon@hotmail.com, ilizandrafernandes@yahoo.com.br, dallago@uricer.edu.br. valice@uricer.edu.br, venquiaruto@uricer.edu.br, dallago@uricer.edu.br.

***Resumo.*** *A busca por um catalisador ideal, sem causar riscos ambientais, reaproveitável e de baixo custo, respondendo às necessidades do mercado e às vantagens de utilização de lipases imobilizadas em relação ao potencial de aplicação destas, consolidaram a proposta desta pesquisa. No presente trabalho, foi testado o suporte de imobilização de alginato-gelatina para a lipase Callera Trans L, sendo realizada a avaliação da estabilidade enzimática frente a diferentes temperaturas (-18, 4, 25 e 40 °C) e a obtenção de seus parâmetros cinéticos. Observou-se que as esferas de alginato-gelatina que apresentaram um comportamento mais expressivo foram as armazenadas a 4°C, mantendo 88% de sua atividade residual em 42 dias, e atingindo 49,6% em 77 dias de armazenamento. O maior valor de D, que representa o tempo requerido para reduzir a atividade enzimática em 90%, foi também encontrado para a temperatura de 4 °C (561,71 dias), seguido da temperatura de -18 °C (228,02 dias), nas condições testadas.*

***Palavras-chave:*** *imobilização, alginato-gelatina, estabilidade, lipase.*

## 1. INTRODUÇÃO

Enzimas são proteínas que consistem em uma cadeia de aminoácidos que apresentam atividade catalítica. A conformação e a estabilização da estrutura molecular das enzimas são asseguradas por ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas, pontes de dissulfeto, ligações iônicas e forças de van der Waals (Lima *et al.*, 2002).

As enzimas apresentam uma elevada especificidade, o qual pode se expressar referente ao tipo de reação ou de substrato. Esta especificidade também é utilizada em sua classificação. Assim, as lipases (triacilgliceril-hidrolases, EC 3.1.1.3), por exemplo, são classificadas como hidrolases, pois catalisam a hidrólise de grupos carboxílicos de ácidos carboxílicos (Lukovic *et al.*, 2011).

As lipases possuem a capacidade de catalisar a hidrólise das ligações do grupo éster carboxílico das moléculas de triglicerídeos para formar ésteres de ácidos graxos, glicerol, mono e diglicerídeos (Lukovic *et al.*, 2011). São comumente encontradas na natureza, podendo ser obtidas a partir de fontes animais, vegetais e/ou microbianas, nos quais preenchem um papel chave na modificação biológica de lipídeos (Fang, 2012).

A escolha da enzima adequada para um alto rendimento do processo dependerá de fatores diversos tais como o tempo e temperatura de reação, reutilização ou não da enzima e facilidade de obtenção da lipase (Fjerbaek *et al.*, 2008). Um dos principais obstáculos que o processo enzimático enfrenta para tentar viabilizar sua aplicação em escala industrial é o alto custo associado ao catalisador e as menores taxas de reação pela eminente perda da atividade enzimática.

Dessa forma, os métodos de imobilização são, em geral, usados para proteger a enzima do meio reacional, promovendo assim a manutenção ou o aumento significativo na atividade catalítica (Sheldon e Van Pelt, 2013), além de permitir a reutilização das enzimas, facilitar a separação dos produtos e aumentar a estabilidade em solventes orgânicos. O interesse principal em imobilizar as enzimas é a obtenção de um biocatalisador que apresente atividade e estabilidade

que não sejam afetadas durante o processo, quando comparado à sua forma livre (Dalla-Vecchia, Nascimento e Soldi, 2004).

A afinidade que as lipases demonstram com o alginato possibilita que a chamada precipitação por afinidade seja usada como método de purificação, e já foi demonstrada por alguns autores (Sharma e Gupta, 2001), onde a solução contendo lipase foi adicionada ao alginato a posteriormente precipitada com cálcio. A partir do precipitado formado foi possível recuperar a lipase com aumento de atividade e grandes melhorias na estabilidade e afinidade da enzima pelo substrato, o que justifica a utilização deste suporte.

O alginato é um polissacarídeo vegetal que desempenha papel estrutural nas células e espaço intercelular nas algas da classe Phaeophyceae. Sua constituição promove a essas algas rigidez e flexibilidade, compreendendo cerca de 40% de seu peso seco (Garcia-Cruz, Foggetti e Silva, 2008).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a estabilidade da lipase Callera Trans L imobilizada em suporte de alginato-gelatina em diferentes temperaturas, bem como determinar os parâmetros cinéticos da lipase em estudo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Termodinâmica/Separação e Mistura da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim.

Para a condução do estudo, foi utilizada a lipase solúvel Callera Trans L de *Thermomyces lanuginosus*, a qual foi produzida e gentilmente cedida pela Novozymes® (Dinamarca).

### 2.1 Imobilização em suporte polimérico inorgânico de alginato-gelatina

Para a imobilização foi empregado gelatina e solução de $CaCl_2$, segundo método proposto por Shen (2011) e Vargas (2013), com modificações. Para o preparo da solução gel, adicionou-se 10 mL de solução tampão oxalato de sódio (pH 5) e 2% de alginato de sódio em um béquer de vidro, que foi aquecido em micro-ondas (~60 ºC) até a dissolução do alginato e homogeneização da mistura. Após o resfriamento da solução gel, acrescentou-se 3 mL de extrato enzimático (Callera Trans L). O gel formado foi gotejado em 50 mL de solução de $CaCl_2$ 75 mmol/L previamente preparada com 1% de gelatina. Em seguida, as microesferas foram lavadas com 100 mL de água destilada e 100 mL de tampão acetato de sódio (100 mM, pH 5) e então, as esferas foram armazenadas em diferentes temperaturas (-18, 4, 25 e 40 °C) em eppendorfs.

#### 2.1.1 Atividade enzimática residual

A atividade enzimática foi determinada antes (atividade inicial) e após (atividade final) ao período de armazenamento em eppendorfs nas diferentes temperaturas (-18, 4, 25 e 40 °C), utilizando ~0,1 g do imobilizado alginato-gelatina. Para comparação, observou-se o comportamento da enzima livre (extrato enzimático líquido) armazenado em temperatura ambiente. A atividade foi mensurada a cada 7 dias, até as enzimas apresentarem menos de 50% de sua atividade residual inicial. A atividade residual foi determinada de acordo com o exposto na Equação 1.

$$Atividade\ residual(\%) = \frac{Atividade\ após\ armazenamento}{Atividade\ inicial} .100 \quad (1)$$

### 2.2 Determinação da atividade de esterificação

A atividade de esterificação da lipase livre e imobilizada foi quantificada através da reação de síntese do ácido oleico e etanol (razão molar 1:3 (v/v)). A metodologia apresentada é modificada da descrita por (Ferraz et al., 2012). Após a realização do ensaio em branco (sem enzima), para determinar a acidez do meio reacional, foi realizada a adição da enzima Callera Trans L livre e imobilizada (aproximadamente 0,1g). A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados e mantidos em agitador orbital a 160 rpm, 40 °C e 40 minutos. Alíquotas de 500 µL foram retiradas do meio reacional em triplicata e a cada amostra foi adicionado 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1), para paralisar e estabilizar a reação.

A quantidade de ácido consumida foi determinada por titulação com hidróxido de sódio (NaOH) 0,05 M. Uma unidade de atividade enzimática é definida como a quantidade ácido graxo (µmol) consumida por minuto por grama de imobilizado, nas condições do ensaio. A atividade enzimática foi calculada utilizando a Equação 2.

$$AE = \frac{(Vb - Va).M.1000.Vf}{t.Mel\ .Vc} \quad (2)$$

Sendo: *AE* = Atividade de esterificação (U/g); $V_a$ = Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 min (mL); $V_b$ = Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada no tempo 0 (mL); *M* = Molaridade da solução de NaOH; $V_f$ = Volume final de meio reacional (mL); *t* = Tempo (min); $M_{EL}$ = Peso da enzima livre (solução enzimática)/imobilizada; $V_c$ = Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

### 2.3 Parâmetros cinéticos

A desativação térmica é geralmente descrita pela cinética de primeira ordem, descrita pela Equação 3 (Aghajanzadeh et al., 2016).

$$Log\left(\frac{A}{A_0}\right) = -k_d \,.\, t \tag{3}$$

Sendo: A = Atividade enzimática residual; $A_0$ = Atividade enzimática inicial; $k_d$ = Constante de inativação enzimática térmica ou constante de velocidade de reação ($dias^{-1}$); t = Tempo (dias).

O tempo requerido para reduzir a atividade enzimática em 90%, é chamado de tempo de redução decimal (D-valor), o qual é inversamente relacionada com a constante de velocidade de reação (Equação 4) (Aghajanzadeh et al., 2016).

$$D = \frac{2{,}303}{k_d} \tag{4}$$

A Energia de Inativação Térmica (Ed) foi determinada através das constantes de inativação térmica ($k_d$). Após a determinação das constantes de inativação, a energia de inativação (Ed) foi estimada plotando-se um gráfico ln ($k_d$) versus 1/T (Temperatura) conforme a equação linearizada de Arrhenius.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade enzimática foi determinada antes (atividade inicial) e após (atividade final) ao período de armazenamento em eppendorfs nas diferentes temperaturas (-18, 4, 25 e 40 °C), utilizando ~0,1 g do derivado imobilizado. A Figura 1 apresenta os resultados, em atividade residual, da estabilidade enzimática para a enzima em estudo.

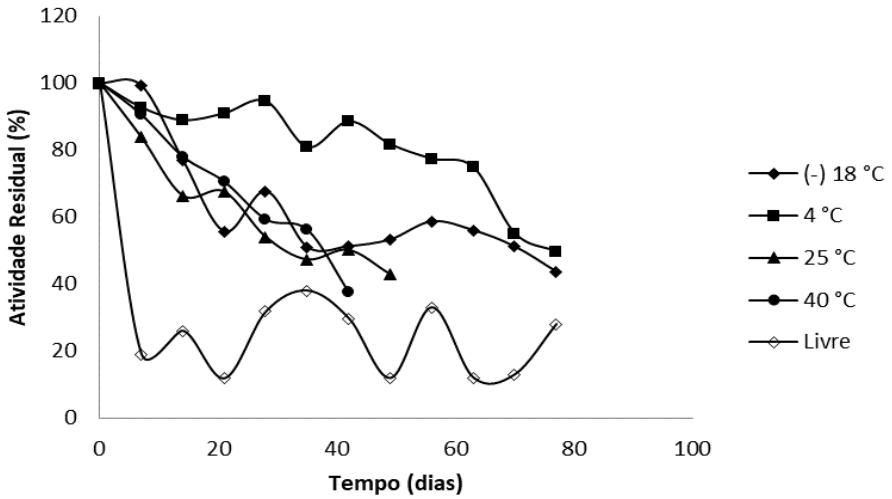



Figura 1. Estabilidade enzimática da enzima Callera Trans L imobilizada em suporte de alginato-gelatina nas temperaturas de -18, 4, 25 e 40 °C, e estabilidade da enzima livre armazenada em temperatura ambiente.

De acordo com a Figura 1, pode-se observar que a enzima em sua conformação livre mostrou grandes oscilações dos valores de atividade residual. Esse comportamento não é desejável, pois mostra que a enzima não é estável e os

resultados do processo a ser empregado poderão ser insatisfatórios. Além disso, a enzima apresentou uma atividade inferior quando comparada com a do derivado imobilizado.

Quando comparada as curvas das enzimas imobilizadas em diferentes temperaturas com a da enzima livre, é possível observar que o suporte de imobilização foi eficiente, pois proporcionou uma estabilidade a enzima ao longo do tempo.

Para a enzima imobilizada em suporte de alginato-gelatina, os melhores resultados foram obtidos para a temperatura de 4 °C, atingindo 49,61% de atividade residual em 77 dias.

Para a temperatura de 18 °C, as esferas de alginato-gelatina formaram flocos de gelo, o que pode ter influenciado na atividade enzimática, pois possivelmente as esferas exsudaram a água livre e consequentemente houve a formação de gelo. Contudo, a enzima mostrou uma boa atividade, atingindo 43,65% em 77 dias, valor semelhante ao da enzima imobilizada a 4 °C.

No armazenamento em temperaturas mais elevadas (25 e 40 °C), a atividade enzimática decaiu de forma mais rápida, atingindo 42,96% em 49 dias para a temperatura de 25 °C e 37,44% em 42 dias para a temperatura de 40 °C.

O presente estudo comprova a tendência na qual a enzima no seu estado livre apresenta atividade residual inferior a da enzima imobilizada quando armazenada em diferentes temperaturas. Segundo Richetti *et al.* (2009), as enzimas na sua forma solúvel são moléculas proteicas complexas e de certa flexibilidade, sua atividade catalítica provem de uma estrutura altamente ordenada, muito delicada e frágil, estando sujeitas a inativação por fatores químicos, físicos ou biológicos, durante o seu uso ou estocadas.

As enzimas solúveis, devido a sua natureza proteica, são menos estáveis que os catalisadores químicos e não podem ser usadas em condições severas, pela possível desnaturação e consequente perda progressiva da atividade funcional. Para que a catálise seja eficiente em um determinado processo, há necessidade de proteger as enzimas da interação com o solvente, meio no qual é realizada a reação, pois o mesmo pode provocar a inativação, impossibilitando a catálise da reação (Chulalaknasanukul *et al.*, 1990; Zaks e Klibanov, 1985).

Shen *et al.* (2011), ao imobilizar a β–galactosidase de *K. lactis* em matriz de alginato, gelatina e fosfato de cálcio, referem que a camada inorgânica ocasionou problemas na transferência de massa, porém aumentou significativamente a estabilidade mecânica e reduziu o grau de intumescimento da cápsula formada, melhorou a eficiência de imobilização e inibiu drasticamente a lixiviação da enzima, comparado ao experimento controle. A atividade residual manteve-se acima de 60% após o vigésimo ciclo de utilização, e cerca de 90% depois de 30 dias de armazenamento.

### 3.1 Parâmetros cinéticos

A Tabela 3 apresenta os valores cinéticos encontrados para a enzima lipase Callera Trans L em estudo. Pode-se observar que a energia de desativação/desnaturação enzimática da enzima foi de 2,06 KJ/mol. O resultado mais expressivo foi atribuído para a enzima mantida na temperatura de 4 °C.

Tabela 3 - Parâmetros cinéticos para a enzima lipase Callera Trans L.

| Temperatura (°C) | $K_d$ (dias$^{-1}$) | Valor D (dias) | Ed (KJ/mol) |
|---|---|---|---|
| -18 | 0,0101 | 228,02 | 2,06 |
| 4 | 0,0041 | 561,71 | |
| 25 | 0,0165 | 139,56 | |
| 40 | 0,0213 | 108,12 | |
| Livre | 0,0317 | 72,65 | - |

Os melhores resultados foram obtidos em baixas temperaturas (-18 e 4 °C). O maior valor de D encontrado foi de 561,71 (dias) para a enzima armazenada na temperatura de 4 °C, seguido de 228,02 (dias) para a enzima a -18 °C. Vale ressaltar que a enzima imobilizada pode ser utilizada em vários ciclos de utilização, sendo mais eficiente que a enzima em sua forma livre.

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados indicam aplicabilidade do suporte testado, pois as esferas armazenadas a 4 °C mostraram 88% de sua atividade residual em 42 dias, atingindo 49,6% em 77 dias. O maior valor de D encontrado foi de 561,71 (dias) para a enzima armazenada na temperatura de 4 °C, seguido de 228,02 (dias) para a enzima a -18 °C. Dessa forma, enzima imobilizada nas esferas de alginato-gelatina obteve maior estabilidade frente as diferentes temperaturas em estudo.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

Aghajanzadeh, S.; Ziaiifar, A. M.; Kashaninejad, M.; Maghsoudlou, Y.; Esmailzadeh, E. 2016. Thermal inactivation kinetic of pectin methylesterase and cloud stability in sour orange juice. *Journal or Food Engineering*, v. 185, p 72-77.

Chulalaksananukul, W.; Condoret, J. S.; Delorme, P.; Willemot, R. M. 1990. Kinetic study of esterefication by immobilized lipase in n-hexane. *FEBS Letters*, v. 276, n.1, p. 181-184.

Dalla-Vecchia, R.; Nascimento, M. D. G.; Soldi, V. 2004. Aplicações sintéticas de lipases imobilizadas em polímeros. Química Nova, v. 27, p. 623-630.

Fang, Z. 2012. *Biodiesel – Feedstocks, Production e Applications*. 1ª Ed. Rijeka, Croatia: Interchopen, 487 p.

Ferraz, L. R; Oliveira, D. S.; Silva, M. F.; Rigo, E.; Di Luccio, M.; Oliveira, J. V.; Oliveira, D.; Treichel, H. 2012. Production and partial characterization of multifunctional lipases by *Sporobolomyces ruberrimus* using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 1, p. 243-252.

Fjerbaek, L., Christensen, K., Norddahl, B. 2008. A Review of the Current State of Biodiesel Production Using Enzymatic Transesterification. *Biotechnology and Bioengineering*. V. 102, n. 05, p. 1.298-1.315.

Garcia-Cruz, C. H.; Foggetti, U.; Silva, A. N. D. 2008. Alginato bacteriano: aspectos tecnológicos, características e produção. *Química Nova*, v. 31, p. 1800-1806.

Lima, U. A.; Aquarone, E.; Borzani, W.; Schmidell, W. 2002. *Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos*. Ed. 01. São Paulo: Blucher, V. 03, 616 p.

Lukovic, N.; Jugovic, Z.; Bezbradica, D. 2011. Biodiesel fuel production by enzymatic transesterification of oils: recent trends, challenges and future perspectives. *Alternative Fuel*. Ed. 01, p. 47-72.

Richetti, A. 2009. *Esterificação enzimática de palmitato de 2-etilexila em sistema livre de solvente*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Sharma, S.; Gupta, M. N. 2001. Alginate as a macroaffinity ligand and an additive for enhanced activity and thermostability of lipases. *Biotechnol Appl Biochem.* v. 33, n. Pt 3, p. 161-165.

Sheldon, R.A.; Van Pelt, S. 2013. Enzyme immobilisation in biocatalysis: why, what and how, *Chemical Society Reviews*, 42, 6223.

Shen, Q.; Yanga, R.; Hua, X.; Ye, F.; Zhang, W.; Zhao, W. 2011. Gelatin-templated biomimetic calcification for β-galactosidase immobilization. *Process Biochemistry*, v. 46, p. 1565–1571.

Vargas, C. E. B. 2013. *Estudo da Imobilização do Extrato Enzimático Pectinolítico de Aspergillus niger ATTCC 9642 em Matriz Polimérica - Inorgânica*. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da URI-Erechim, Erechim.

Zaks, A.; Klibanov, A. 1985. Enzyme-catalyzed processes in organic solvents. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, v. 82, p. 3192-3196.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA ESTABILIDADE DE CALB IMOBILIZADA PELA TÉCNICA SOL-GEL COM USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS COMO ADITIVOS

**Aline Matuella Moreira Ficanha**[1]
**Angela Antunes**[1]
**Marcelo Mignoni**[1]
**Rogério Dallago**[1]
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS
alinematuella@gmail.com
nenaantunes@gmail.com
catia.zanchett@erechim.ifrs.edu.br
mateushb1@hotmail.com
mignoni@uricer.edu.br
dallago@uri.com.br

***Resumo.*** *Os líquidos iônicos utilizados no processo de imobilização de enzimas podem proporcionar aumento na estabilidade. Assim, o objetivo do trabalho foi estudar a estabilidade da lipase CALB com o uso de líquidos iônicos como aditivos no processo de imobilização em xerogel. A imobilização foi realizada pela técnica sol-gel utilizando a lipase CALB e líquidos iônicos como aditivo. A medida de atividade da enzima foi realizada pela síntese de oleato de etila. Os resultados demonstram que o processo de imobilização proporcionou um aumento da estabilidade térmica, de estocagem e operacional em relação à enzima livre. Para estabilidade operacional os resultados demonstraram a possível reutilização dos imobilizados 13 vezes com AR superior a 50%, comprovando a eficiência do método empregado para a imobilização. Para a estabilidade térmica, nas temperaturas acima de 50°C, as lipases imobilizadas apresentaram para a lipase imobilizada valores de Kd menores e tempos de meia vida (t1/2) maiores aos obtidos para a enzima livre o que demonstra a estabilidade térmica da enzima imobilizada maior do que a da enzima livre, sugerindo que o suporte em questão atua protegendo a enzima dos efeitos negativos da temperatura, possibilitando seu emprego em processos que requerem maiores temperaturas.*

***Palavras-chave:*** *enzima, atividade de esterificação, atividade residual, tempo de meia vida*

## 1. INTRODUÇÃO

Melhorar a estabilidade e aumentar a atividade catalítica de uma enzima durante um processo catalítico são os principais objetivos que podem expandir o possível uso de lipases em aplicações industriais práticas (Zdarta e Jesionowski, 2016). Entre várias técnicas que melhoram as propriedades das lipases, a imobilização é a que vem apresentando os melhores resultados (Jesionowski; Zdarta; Krajewska, 2014).

Entre as muitas vantagens da imobilização, podem se destacar ainda o aumento da atividade enzimática e a resistência das enzimas com aumento da estabilidade de armazenamento, térmica, química e operacional (Garcia-Galan *et al*., 2011; Zdarta e Jesionowski, 2016) visto que, as aplicações de enzimas são frequentemente prejudicadas por uma falta de funcionamento operacional a longo prazo. Além da eficiência, as enzimas imobilizadas para aplicações industriais também devem ser produzidas a custos acessíveis (Cantone *et al*., 2013).

Os fenômenos físico-químicos que ocorrem no processo de imobilização podem afetar a eficiência da enzima imobilizada em cada sistema de reação ou método específico (Cantone *et al*., 2013). As enzimas podem ser desnaturadas e perderem a sua atividade simplesmente quando solubilizadas no meio de imobilização e durante o processo de imobilização. Portanto, soluções devem ser desenvolvidas para cada processo específico, dentre eles o uso de aditivos se destaca.

Dentre os aditivos destaca-se os líquidos iônicos (LIs) pois possuem propriedades e características compatíveis com as da enzima (Ríos; Rantwijk; Sheldon, 2012) tais como, a baixa pressão de vapor e boa estabilidade dentro de um amplo intervalo de temperatura, além disso são considerados uma boa alternativa como solventes, com potencial de aplicações a nível industrial, dentre elas, as que envolvem a biocatálise (Alvarez *et al*., 2011; Aslanov, 2011).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi estudar preliminar sobre o uso de líquidos iônicos no processo de imobilização e analisar o rendimento e estabilidade operacional quando utilizados como aditivos na imobilização da lipase CALB em xerogel.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Síntese de líquidos iônicos

No processo de imobilização foram utilizados três LIs diferentes como aditivo: o cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio ($C_4$), o brometo de 1-octil-3-metilimidazólio ($C_8$) e o cloreto de 1-hexadecil-3-metilimidazólio ($C_{16}$). Os líquidos iônicos foram sintetizados conforme metodologia descrita por Mignoni (2012).

### 2.2 Imobilização enzimática

A lipase de *Candida antarctica* (CALB) foi imobilizada em xerogel obtida pela técnica de sol-gel com o uso do tetraetilortosilicato (TEOS) como precursor da sílica, seguindo metodologia descrita na literatura, com alterações (Ficanha *et al*., 2015). Inicialmente, 5 mL de TEOS foram dissolvidos em 5 mL de etanol absoluto. Após a dissolução, adicionou-se 1,6 mL de água destilada e três gotas do iniciador da reação de polimerização ácido bromídrico (HBr), juntamente com esses reagentes foram adicionados o LIs (0,5, 1 e 1,5%). Posteriormente, os sistemas reacionais foram submetidos a uma etapa de agitação, em agitador orbital (*shaker*) a 40°C, 180 rpm, por um período de 90 min. Em seguida, fez-se a adição de 1 mL da solução enzimática e 1,75 mL da solução hidrolisante (solução etanólica de hidróxido de amônio 1,0 $mol.L^{-1}$). Posteriormente, os sistemas reacionais foram mantidos em condições estáticas, em temperatura entre 20-25°C, por 24 h para completar a condensação química.

Para obtenção do xerogel, após as 24 h, o suporte foi colocado em dessecador a vácuo (temperatura ambiente) por um novo período de 24 h para completar a secagem por evaporação.

### 2.3 Medida da atividade enzimática

A atividade de esterificação foi quantificada através da reação de síntese de oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 (mistura padrão), conforme descrito por Ficanha *et al*. (2015). A reação foi iniciada pela adição da enzima imobilizada ou livre (aproximadamente 0,1 g) em 5 mL da mistura padrão. A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados a 40°C, em agitador orbital a 160 rpm, durante 40 minutos. Alíquotas de 500 µL foram retiradas do meio reacional em triplicata. A cada amostra foram adicionados 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1) (v/v) a fim de parar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido foi determinada por titulação com NaOH 0,05 M até o meio reacional atingir pH 11. Os ensaios dos brancos das amostras continham 500 µL da mistura padrão e 15 mL da solução de acetona-etanol.

Uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima que consome 1 µmol de ácido graxo por minuto.

### 2.4 Estabilidade de estocagem

A estabilidade de estocagem é um parâmetro importante que deve ser avaliado, uma vez que seu estudo permitirá determinar por quanto tempo o biocatalisador imobilizado poderá ser armazenado e quanto de sua atividade inicial será mantida ao longo do período de estocagem. Foram realizadas em temperatura ambiente (20 - 25°C) e refrigeração (3 - 5°C). A estabilidade foi acompanhada até atingir uma perda de 50% de sua atividade de esterificação inicial. Os resultados foram apresentados em porcentagem da atividade residual (AR), calculada pela Equação 1.

$$AR\ (\%): \frac{AE_i}{AE_0} x100 \qquad (1)$$

Onde: AEi: atividade de esterificação no tempo "i", $AE_0$ da atividade de esterificação no tempo inicial.

### 2.5 Estabilidade térmica

A estabilidade térmica das lipases CALB livre e imobilizada foi determinada pelo método de Arrhenius. A partir dos dados obtidos durante a avaliação da estabilidade térmica determinou-se a cinética de degradação através da análise da ordem de reação.

Foi realizada por meio da incubação das enzimas em temperaturas de 40 ºC a 80 ºC. Amostras foram retiradas ao longo do tempo de incubação para a realização da atividade de esterificação e determinação da atividade residual (AR).

A constante de desativação térmica (kd) em cada temperatura foi calculada segundo o modelo cinético de Arrhenius, considerando-se que a inativação das enzimas segue a cinética de primeira ordem, conforme Equação 2.

$$A = A_0 exp.(-k_d.t) \qquad (2)$$

A partir das constantes de desativação térmica em cada temperatura, foram obtidos os tempos de meia vida ($t_{1/2}$) (Equação 3) que corresponde ao tempo necessário para que ocorra a inativação de 50 % da concentração enzimática inicial, na temperatura testada.

$$t_{1/2} = -\frac{\ln 0{,}5}{k_d} \quad (3)$$

Onde: $A_0$: atividade inicial, A: atividade final, t: tempo, $t_{1/2}$: tempo de meia vida e kd: constante de desativação.

### 2.6 Estabilidade operacional

A eficiência da estabilidade operacional (reuso) da lipase imobilizada in situ em aerogel foi determinada empregando uma quantidade definida do imobilizado em sucessivos ciclos de síntese de oleato de etila. Após cada batelada, o meio reacional (fase líquida) foi removido com o auxílio de uma pipeta, mantendo a fase sólida (aerogel imobilizado) e, após, adicionado uma nova solução de ácido oleico e etanol. A atividade residual (AR) de cada ciclo foi calculada como apresentado na Equação (4).

$$AR\ (\%): \frac{AE\ no\ ciclo\ n}{AE\ no\ ciclo\ 1} x100 \quad (4)$$

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Estabilidade de estocagem

Conforme os resultados apresentados no capítulo anterior, realizou-se a estabilidade de estocagem somente sob refrigeração. A Figura 1 apresenta a atividade residual para os xerogéis e aerogéis armazenados por um período de 350 dias.

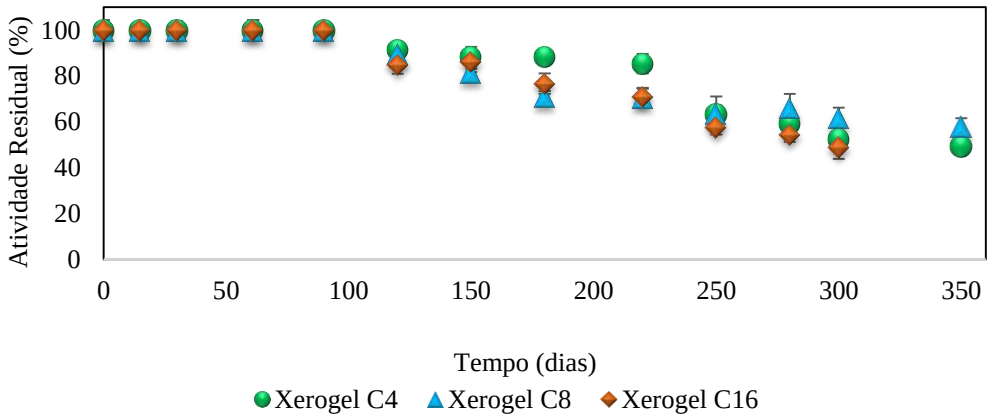



Figura 1. Atividade residual na estabilidade de estocagem em refrigeração da CALB imobilizada em sílica xerogel na presença de diferentes LIs

Para a estabilidade de estocagem em refrigeração, os três suportes apresentam maior tempo de estocagem quando comparado com a solução de enzima livre (105 dias). O maior tempo de armazenamento foi de 350 dias para o xerogel C8 com uma AR de 58%.

### 3.2 Estabilidade operacional

A estabilidade operacional verificada por meio da reutilização da lipase imobilizada é um fator importante para possíveis aplicações industriais, bem como para determinar a eficiência do processo de imobilização (Catone *et al*., 2013).

A estabilidade operacional dos xerogéis imobilizados utilizando diferentes LIs como aditivo foi verificado em regime de bateladas consecutivas com a reutilização do imobilizado, empregando como reação modelo a síntese do oleato de etila. Os resultados obtidos para a estabilidade operacional podem ser visualizados na Figura 2.

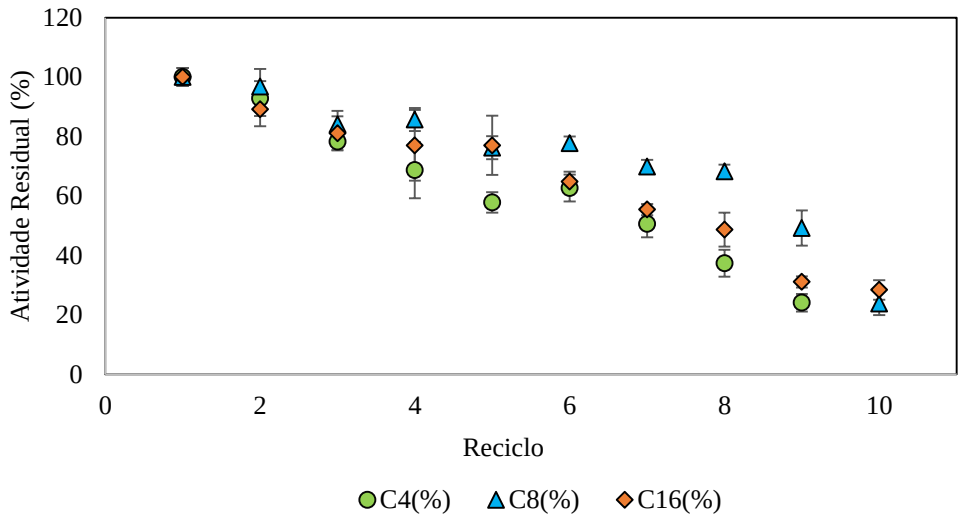



Figura 2. Estabilidade operacional da CALB imobilizada em sílica xerogel com o uso de diferentes líquidos iônicos como aditivo

Verifica-se que a atividade da lipase imobilizada, independente do suporte e do líquido iônico utilizado diminui à medida que aumenta o número de ciclos biocatalíticos. Os xerogéis apresentaram a possibilidade de reutilização, em média, por 13 vezes com AR superior a 50%.

A perda de atividade residual entre os ciclos normalmente está vinculada a desativação enzimática ou perda de enzima da estrutura do suporte por lixiviação.

### 3.3 Estabilidade térmica

A estabilidade térmica foi avaliada por meio do cálculo da constante de desativação térmica (kd) e do tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) da lipase CALB imobilizada em xerogel com e sem a presença dos diferentes LIs utilizados como aditivo (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Constante desativação térmica (Kd), os coeficientes de determinação ($R^2$) e tempos de meia vida (t1/2) da lipase CALB livre e imobilizada em xerogel sem a presença de aditivo LIs

| | Xerogel puro | | | CALB livre | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura (ºC) | $K_d$ ($h^{-1}$) | $R^2$ | $t_{1/2}$ (h) | $K_d$ ($h^{-1}$) | $R^2$ | $t_{1/2}$ (h) |
| 40 | 0,10 | 0,96 | 0,12 | 0,12 | 0,91 | 8,77 |
| 50 | 0,16 | 0,92 | 0,34 | 0,34 | 0,91 | 7,77 |
| 60 | 0,22 | 0,92 | 0,42 | 0,42 | 0,86 | 3,34 |
| 70 | 0,54 | 0,98 | 1,06 | 1,06 | 0,92 | 1,38 |
| 80 | 1,26 | 0,98 | 1,48 | 1,48 | 0,94 | 0,61 |

Tabela 2. Constante desativação térmica (Kd), os coeficientes de determinação ($R^2$) e tempos de meia vida (t1/2) da lipase CALB imobilizada em xerogel na presença de aditivo LIs

| | Xerogel $C_4$ | | | Xerogel $C_8$ | | | Xerogel $C_{16}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura (ºC) | $K_d$ ($h^{-1}$) | $R^2$ | $t_{1/2}$ (h) | $K_d$ ($h^{-1}$) | $R^2$ | $t_{1/2}$ (h) | $K_d$ ($h^{-1}$) | $R^2$ | $t_{1/2}$ (h) |
| 40 | 0,08 | 0,91 | 8,77 | 0,06 | 0,91 | 12,26 | 0,09 | 0,97 | 7,70 |
| 50 | 0,09 | 0,91 | 7,77 | 0,07 | 0,96 | 10,21 | 0,15 | 0,96 | 4,48 |
| 60 | 0,21 | 0,86 | 3,34 | 0,08 | 0,91 | 8,54 | 0,21 | 0,95 | 3,29 |
| 70 | 0,50 | 0,92 | 1,38 | 0,38 | 0,94 | 1,80 | 0,50 | 0,95 | 1,38 |
| 80 | 1,13 | 0,94 | 0,61 | 0,73 | 0,93 | 0,95 | 1,21 | 0,93 | 0,57 |

Todas as condições de imobilização da lipase em xerogel sem e com a presença de diferentes LIs como aditivo apresentaram valores de Kd menores e tempos de meia vida (t1/2) maiores aos obtidos para a enzima livre. Esse comportamento indica que a estabilidade térmica da enzima imobilizada (independentemente do tipo de suporte e aditivo utilizado) é maior do que a da enzima livre, sugerindo que os suportes em estudo atuam protegendo a enzima dos efeitos negativos da temperatura em relação a sua conformação ativa (Zibiolo *et al*., 2014; Yang *et al*., 2010).

Em relação aos LIs, o C16 apresentou valores semelhantes nos dois tipos de suportes quando comparado a suas matrizes puras. O LIs C8 apresentou maior estabilidade para os dois suportes em comparação aos outros LIs utilizados, com o xerogel apresentando, em comparação a todos os outros suportes testados, melhor desempenho na estabilidade térmica em todas as temperaturas. O maior aumento do tempo de meia vida foi de 165% (em comparação ao xerogel puro) na temperatura de 60°C. Esses resultados podem estar vinculados a presença de maior quantidade de água na matriz do xerogel, consequencia do processo empregado na secagem do imobilizado o qual é conduzido a temperatura ambiente, proporcionando que todo o aditivo utilizado permanece no suporte.

Estas observações sugerem que o processo de imobilização pode proteger as moléculas enzimáticas contra alterações conformacionais causadas pelas altas temperaturas, resultando em uma melhoria na estabilidade térmica da lipase (Jia *et al*., 2013), permitindo assim que estes imobilizados sejam empregados em sistemas reacionais que requerem maiores temperaturas.

## 4. CONCLUSÃO

O processo de imobilização proporcionou um aumento da estabilidade térmica, de estocagem e operacional em relação à enzima livre. A estabilidade de estocagem por longos períodos é um dos principais fatores a ser considerado quando se utiliza lipases imobilizadas, estes resultados demonstram que um fator importante é a forma como os são estocados, apresentando maior atividade residual quando armazenados sob refrigeração. Em relação à estabilidade operacional os resultados demonstraram a possível reutilização dos imobilizados 13 vezes com AR superior a 50%, comprovando a eficiência do método empregado para a imobilização, sendo esta uma das principais vantagens sobre a enzima livre. Para a estabilidade térmica, nas temperaturas acima de 50°C, as lipases imobilizadas apresentaram para a lipase imobilizada valores de Kd menores e tempos de meia vida ($t_{1/2}$) maiores aos obtidos para a enzima livre o que demonstra a estabilidade térmica da enzima imobilizada maior do que a da enzima livre, sugerindo que o suporte em questão atua protegendo a enzima dos efeitos negativos da temperatura, possibilitando seu emprego em processos que requerem maiores temperaturas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI-Erechim, CAPES e CNPq.

## 6. REFERÊNCIAS

Alvarez, V. H., Mattedi, S., Martin-Pastor, M., Aznar, M. e Iglesias, M. Thermophysical properties of binary mixtures of {ionic liquid 2-hydroxy ethylammonium acetate + (water, methanol, or ethanol)}. Journal Chemistry Thermodynamics, v. 43, p. 997-1010, 2011.

Aslanov, L. A. Ionic liquids: Liquid structure. Journal of Molecular Liquids, v. 162, p. 101-104, 2011.

Cantone, S., Ferrario, V., Corici, L., Ebert, C., Fattor, D., Spizzo, P. e Gardossi, L. Efficient immobilisation of industrial biocatalysts: Criteria and constraints for the selection of organic polymeric carriers and immobilisation methods. Chemical Society Reviews, v. 42, p. 6262-6276, 2013.

Ficanha, A. M. M., Levandoski, K., Mignoni, M. L. e Dallago, R. M. Estudo da imobilização de lipase em sílica obtida pela técnica sol-gel. Química Nova, v. 38, p. 364-369, 2015.

Garcia-Galan, C., Berenguer-Murcia, A., Fernandez-Lafuente, R. e Rodrigues, R. C. Potential of different enzyme immobilization strategies to improve enzyme performance. Advanced Synthesis & Catalysis, v. 353, p. 2885-2904, 2011.

Jesionowski, T., Zdarta, J. e Krajewska, B. Enzymes immobilization by adsorption: a review. Adsorption, v. 20, p. 801-821, 2014.

Jia, J., Hu, Y., Liu, L., Jiang, L., Zou, B. e Huang, H. Enhancing catalytic performance of porcine pancreatic lipase by covalent modi- fication using functional ionic liquids. ACS Catalysis, v. 3, p. 1976-1983, 2013.

Mignoni, M. L. Zeólitas obtidas com líquidos iônicos como direcionadores de estrutura: síntese e reatividade. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

Ríos, A. P., Rantwijk, F. e Sheldon, R. A.; Effective resolution of 1-phenyl ethanol by Candida antarctica lipase B catalysed acylation with vinyl acetate in protic ionic liquid (PILs). Green Chemistry, v. 14, p. 1584-1588, 2012.

Yang, G., Wu, J., Xu, G., e Yang, L. Comparative study of properties of immobilized lipase onto glutaraldehyde-activated aminosilica gel via different methods. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 78, p. 351-35, 2010.

Zdarta, J. e Jesionowski, T. Luffa cylindrica sponges as a thermally and chemically stable support for Aspergillus niger lipase. Biotechnology Progress, v. 32, p. 657-665, 2016.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# TESTE PRELIMINAR DO ESTUDO DO TEMPO DE CONTATO EM BANHO ULTRASSONICO DO IMOBILIZADO SONOGEL USANDO PVA (ALCOOL POLIVINÍLICO) COMO ADITIVO

**Angela Antunes***
**Leonardo Meirelles da Silva**
**Aline Matuella Moreira Ficanha**
**Jamile Zeni**
**Rogério Marcos Dallago**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, Av. Sete de Setembro, 1621 – Erechim, RS – Brasil.
*nenaantunes@gmail.com

***Resumo:*** *As enzimas são biocatalisadores utilizados em diversas aplicações industriais, porém o seu uso pode ser inviabilizado devido a baixa estabilidade, dificuldade de separação do meio reacional e a impossibilidade de reutilização. Diversas técnicas vêm sendo estudadas para viabilizar o seu uso, dentre elas a imobilização enzimática. O método sol-gel para imobilização de enzimas é vantajosa e na formação do suporte pode-se alterar as condições de imobilização para produção de um suporte com características desejáveis. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi imobilizar a lipase CALB em sonogel obtido pelo método sol-gel com o uso de TMOS como precursor da sílica e estudar preliminarmente a influência na atividade de esterificação (AE) em diferentes tempos de contato ultrassonico com e sem a utilização de aditivo.O objetivo do trabalho foi estudar preliminarmente a influência do tempo de contato ultrassonico na imobilização in situ da lipase comercial Candida antarctica B (CALB) em sonogel produzido pelo método sol-gel, com o uso do TMOS como precursor da sílica. Avaliou-se como resposta o rendimento e atividade de esterificação na síntese de oleato de etila.*

***Palavras-chave:*** *sonogel, ultrasom, álcool polivinílico.*

## 1. INTRODUÇÃO

A biocatálise e a tecnologia enzimática são processos que apresentam significativa relevância social, ambiental e econômica. As principais enzimas para aplicações industriais são as proteasess, amilases, celulases, xilanases, fitases e lipases (Bon et al., 2008). As lipases que serão utilizadas neste trabalho destacam-se entre as principais enzimas usadas em biocatálise.

A função natural das lipases (triacilglicerol hidrolases E.C. 3.1.1.3) é a hidrólise de triglicerídeos. Contudo, elas podem ser usadas in vitro para catalisar muitas reações diferentes. Além disso, o elevado potencial de aplicação das lipases é justificado pela sua capacidade de utilização de uma ampla gama de substratos, sua estabilidade frente à temperatura, pH e solventes orgânicos e sua quimio-regio e enantiosseletividade (Kapoor e Gupta, 2012).

O principal interesse em imobilizar uma enzima é obter um biocatalisador com atividade e estabilidade que não sejam afetadas durante o processo, em comparação à sua forma livre. A imobilização pode inibir ou aumentar a atividade e estabilidade da enzima, porém não existe uma regra que prediga a manutenção destes parâmetros após o processo de imobilização (Soares et al., 2002). Em geral, a imobilização oferece uma série de vantagens e as razões para a escolha de um derivado imobilizado variam de aplicação para aplicação, incluindo: utilização da atividade catalítica por um maior período de tempo; possibilidade de operação contínua do processo, com maior facilidade de controle; facilidade de separação do produto final; em alguns casos, ocorre modificação favorável das propriedades catalíticas da enzima como, por exemplo, maior estabilidade ao pH e à temperatura, entre outros, diminuindo os problemas de aplicação antes mencionados (Mendes et al., 2011).

A técnica de sol-gel consiste em reter a enzima no interior da matriz ou em sua superfície a fim de conferir estabilidade mecânica e bioquímica superior às técnicas convencionais. A imobilização da enzima no interior das matrizes produzidas pelo processo de sol-gel é uma técnica vantajosa, pois reserva a atividade enzimática e evita a sua lixiviação (Alfaya e Kubota, 2002).

O uso de aditivos no processo de imobilização sol-gel é relatado na literatura como agentes que influenciam positivamente o aumento da atividade e da estabilidade de enzimas imobilizadas (Hara et al., 2010). Essa influência está diretamente associada à proteção da enzima contra a inativação durante a etapa de encapsulamento, à retenção da camada

de água ao redor do biocatalisador e aos efeitos dispersantes das moléculas da enzima. Dentre os principais aditivos utilizados na imobilização de enzimas, destacam-se a albumina, álcool polivinílico, polietilenoglicol e, recentemente, o uso de líquidos iônicos (Souza et al., 2013; Ursoiu, et al., 2012; Barbosa et al., 2014).

Alguns estudos sobre a evolução no tempo sobre o processo de agregação e o processo de envelhecimento (DA SILVEIRA et al., 2014) foram realizadas em sonogéis. Na verdade, a literatura não é muito abundante de dados relativos às propriedades estruturais de sonogéis, principalmente sobre sonogéis saturados (VOLLET et al., 2003).

O ultra-som funciona como iniciador para que a reação de esterificação ocorra rapidamente, pois o sistema de cavitação desse processo faz com que aumente a região que entra em contato com área existente entre o alcóxido e a água.

Neste contexto o objetivo do trabalho foi estudar preliminarmente a influência do tempo de contato ultrassonico na imobilização in situ da lipase comercial Candida antarctica B (CALB) em sonogel produzido pelo método sol-gel, com o uso do TMOS como precursor da sílica avaliando como resposta o rendimento e atividade de esterificação na síntese de oleato de etila, para posteriormente iniciar-se os estudos de otimização, estabilidades operacional, de armazenagem e térmica, deste suporte, que até o momento não se tem informações na literatura.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Imobilização

A metodologia utilizada para a preparação dos suportes foi adaptada da descrita por Macario et al. (2009). Os suportes foram preparados solubilizando brometo de cetiltrimetilamônio em água, solução enzimática e em algumas amostras solução do aditivo PEG 1500. Essa solução foi submetida por 1 h sob agitação (300 rpm) em agitador orbital (shaker) a temperatura ambiente. Após este período, adicionou-se o precursor da sílica tetrametilortosilicato (TMOS) e a etanolamina. Posteriormente, a solução foi submetida ao tratamento de banho ultrassônico (para formação do sonogel), onde estudou-se diferentes tempos de contato (0, 30, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 minutos). Após transcorridos os tempos de estudo as amostras foram submetidas novamente a agitação (nas condições já descritas) por mais 24 h para completar a secagem do biocatalisador imobilizado.

### 2.2 Tempo de contato (Ultrassom)

Este procedimento foi realizado ao final da primeira etapa do processo de imobilização (descrita acima), onde, após cada tempo de estudo determinado, os imobilizados foram colocados em shaker com temperatura e rotação controladas por 24 h até completa secagem. Transcorrido esse período, as amostras foram submetidas ao ensaio para verificar do efeito do tratamento ultrassônico sobre a atividade de esterificação.

### 2.3 Atividade enzimática de esterificação

A atividade de esterificação foi quantificada através da reação de síntese de oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 (mistura padrão), conforme descrito na literatura (FERRAZ et al., 2012) A reação foi iniciada pela adição da enzima imobilizada ou livre (aproximadamente 0,1 g) em 5 mL da mistura padrão. A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados a 40 °C, em agitador orbital a 160 rpm, durante 40 min. Alíquotas de 500 µL foram retiradas do meio reacional em triplicata. A cada amostra foram adicionados 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1) (v/v) para inativar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido foi quantificada por titulação com NaOH 0,05 mol/L até o meio atingir pH 11 (ponto de equivalência do ácido oleico). Os ensaios dos brancos das amostras continham 500 µL da mistura padrão e 15 mL da solução de acetona-etanol.

Uma unidade de atividade enzimática (U/g) foi definida como a quantidade de enzima que consome 1 µmol de ácido graxo por minuto, calculada pela Equação 1:

$$AE = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 1000 \times V_f}{t \times m \times V_c} \quad (1)$$

Onde:
AE: Atividade de esterificação (U/g);
Va: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL);
Vb: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL);
M: Molaridade da solução de NaOH;
Vf : Volume final de meio reacional (mL);
t: Tempo (minutos);
m: Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g);
Vc: Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

### 2.4 Determinação do rendimento de imobilização

O rendimento do imobilizado foi calculado considerando a atividade total da enzima livre em solução ofertada ao sistema (a qual considera o volume de extrato enzimático empregado no ensaio de imobilização e atividade da enzima livre (U/mL)) e a atividade total presente no derivado imobilizado (o qual considera a massa total de imobilizado produzido e atividade do derivado imobilizado (U/g)) de acordo com a Equação 2.

$$R\ (\%): \frac{U_x}{U_0} x100 \qquad (2)$$

Onde:
R (%): Rendimento do imobilizado;
$U_x$: Atividade de esterificação total do derivado imobilizado;
$U_0$: Atividade de esterificação total presente na massa de enzima livre adicionada na imobilização.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a secagem do sonogel, foram realizados testes para determinação da atividade de esterificação dos sonogéis imobilizados e o cálculo do rendimento. Os resultados destes testes são apresentados nas Figuras 1a e 1b, em relação a atividade de esterificação e rendimento sem a utilização do aditivo PVA e com utilização do aditivo, respectivamente.

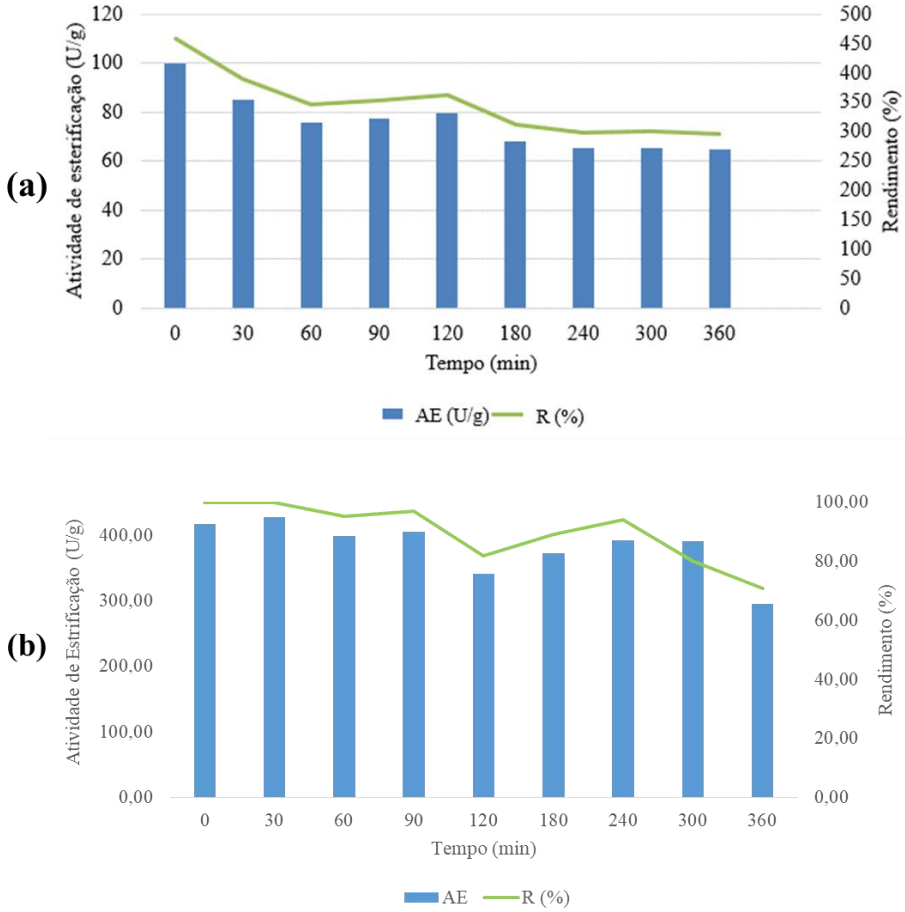



Figura 1. Atividade de esterificação e rendimento do imobilizado em função do tempo de contato ultrassonico na formação de sonogel sem a presença de PVA (Figura 1a) e com adição de PVA (figura 1b)

Pode-se observar na Figura 1 quando se faz a análise do estudo com a sem a adição do PVA, é que com a presença do aditivo, a atividade de esterificação obtem-se aumento considerável (± 400 U/g) em relação ao sonogel sem o aditivo (± 100U/g), o que evidencia que o PVA tem efeito estabilizante sobre a enzima frente ao suporte e a atividade catalítica é aumentada por consequência.

Já no que diz respeito ao tempo de contato ultrassônico, pode observar que para ambos os suportes o tempo não foi tempo de contato interferiu nas respostas avaliadas, porém, é praticamente constante após 1 h de vibração ultrassônica, por esse motivo a sequência do trabalho se dará no tempo em que o suporto se tornou constate, assim podendo avaliar outras variáveis que são importante no processo de imobilização.

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no estudo dos diferentes tempos de contato ultrassônico na imobilização in situ da lipase CALB em sonogel demonstram a importância desse método de investigação preliminar, pois só assim percebeu que o tempo de contato longo, não se faz necessário, poupando tempo na pesquisa e facilitando a investigação das etapas posteriores a esse estudo preliminar.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI – Campus Erechim, CAPES e CNPq.

## 6. REFERÊNCIAS

ALFAYA, A.; KUBOTA, L. T. A."Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel naconstrução de biossensores". *Química nova*, vol. 25, p. 935-841,2002.

BARBOSA, A. DOS S.; SILVA, M. A. DE O.; CARVALHO, N. B.; MATTEDI, S.; IGLESIAS, M. A.; FRICKS, A. T.; LIMA, A. S.; FRANCESCHI, E.; SOARES, C. M. F."Immobilization of lipase by encapsulation in silica aerogel". *Química Nova*, vol. 37, p. 969-976,2014.

BON, E. P. S.; MARIA, A.; FERRERA, M. A.; CORVO, M. L.; VERMELHO, A. B.; PAIVA, C. L. A.; ALENCASTRO, R. B.; COELHO, R. R. R. "Enzimas em biotecnologia: produção, aplicação e mercado". Ed. Interciência, Rio de janeiro, 2008

DE LA ROSA-FOX, N., ESQUIVIAS, L., CRAIEVICH, A. F., & ZARZYCKI, J. Structural study of silica sonogels. *Journal of Non-Crystalline Solids*, v.121, p. 211-215,1990.

Hara, P.; Mikkola, J. P.; Murzin, D. Y.; Kanerva, L. T., 2010. "Supported ionic liquids in *Burkholderia cepacia* lipase-catalyzed asymmetric acylation. *Journal of molecular catalysis B: enzymatic*, vol. 67, p. 129-134.

HUANG, W. L., LIANG, K. M., CUI, S. H., & GU, S. R. Influence of ultrasonic vibration on the mesoporosity and surface fractal dimensions of resultant silica xerogels. *Materials research bulletin*, v.36, p. 461-470, 2001.

KAPOOR, M.; GUPTA, M. N. Lipase promiscuity and its biochemical applications citação. Process biochemistry", vol. 47, p. 555–569, 2012.

MACARIO, A.; MOLINER, M.; CORMA, A.; GIORDANO, G. Increasing stability and productivity of lipase enzyme by encapsulation in a porous organic–inorganic system. *Microporous and mesoporous materials*, v. 118, p. 334–340, 2009.

MENDES, A. A.; OLIVEIRA, P. C.; CASTRO, H. F.; GIORDANO, R. L. Aplicação de quitosana como suporte para imobilização de enzimas de interesse industrial. Química nova, vol. 34, 2011.

SOARES, C. M. F.; CASTRO, H. F.; SANTANA, M. H. A.; ZANIN, G. M. Intensification of lipase performance for long-term operation by immobilization on controlled pore silica in the presence of polyethylene glycol". *Applied biochemistry and biotechnology*, vol. 98-100, p. 863-874, 2002.

SOUZA, R. L.; FARIA, E. L. P.; FIGUEIREDO, R. T.; FREITAS, L. S.; IGLESIAS, M.; MATTEDI, S.; ZANIN, G. M.; SANTOS, O. A. A.; COUTINHO, J. A. P.; LIMA, A. S.; SOARES, C. M. F. Protic ionic liquid as additive on lipase immobilization using silica sol-gel". *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 52, p. 141-150,2013.

URSOIU, A.; PAUL, C.; KURTÁN, T.; PÉTER, F.Sol-gel entrapped candida antarctica lipase b- a biocatalyst with excellent stability for kinetic resolution of secondary alcohols". *Molecules*, vol. 17, p. 13045-13061,2012.) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

VOLLET, D. R., DONATTI, D. A., RUIZ, A. I. DE CASTRO, W. C. Structural study of aged saturated silica gels obtained from tetramethoxysilane sonohydrolysis with different water/tetramethoxysilane molar ratio. *Physical Review B*, v.67, p. 184-207,2003.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ELABORAÇÃO E ACEITABILIDADE DE BOLO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE BERINJELA

**Angélica Inês Kaufmann**
Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho - Santa Catarina, Brasil
e-mail: Kaufmann.angelica@gmail.com

**Aline Sobreira Bezerra**
Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - Ceará, Brasil
e-mail: alinecelo@hotmail.com

**Barbara Nicoli Flores Silveira**
Nutricionista, Jaraguá do Sul - Santa Catarina, Brasil
e-mail: barbaraf.silveira@hotmail.com

**Dayane Alves Moresco**
Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho - Santa Catarina, Brasil
e-mail: day_moresco@yahoo.com.br

**Mariana Aguiar Cargnin**
Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho - Santa Catarina, Brasil
e-mail: marianacargnin@hotmail.com

**Rafaela da Rosa Sartoretto**
Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho - Santa Catarina, Brasil
e-mail: rafah-ela@hotmail.com

**Resumo.** *A berinjela é fonte de fibras e sua farinha pode ser inclusa nas preparações de massas e pães para enriquecê-los. O presente trabalho teve por objetivo elaborar um bolo sem glúten, enriquecido com farinha de berinjela. Foram elaboradas duas receitas do bolo com adição de 10% e 30% de farinha de berinjela, as quais foram avaliadas e comparadas sensorialmente, verificando sua aceitabilidade e intenção de compra. A avaliação sensorial foi composta por provadores não treinados, sendo avaliados os atributos: cor, sabor, textura e aceitação global. Os resultados mostraram que as duas receitas de bolo isentas de glúten enriquecidas com farinha de berinjela em percentuais de 10 e 30%, não mostraram diferença estatística entre os quesitos cor, sabor, textura e aceitação global ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey e obtiveram excelente aceitação pelos julgadores. Entre os julgadores, 96,6% destes comprariam o produto se este estivesse disponível comercialmente. Os bolos elaborados com os dois níveis de farinha de berinjela podem ser classificados como produtos prontos para consumo, com alto teor de fibras, caracterizando-os como um alimento funcional.*

***Palavras-chave:*** *alimento funcional, avaliação sensorial, doença celíaca, fibra.*

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos nutritivos e seguros está crescendo mundialmente a cada dia, e a ingestão de alimentos balanceados é a maneira correta de evitar ou corrigir problemas de saúde, como: obesidade, diabetes, desnutrição, cardiopatias, entre outros que são causados, em grande parte, devido aos erros alimentares cometidos pelas pessoas (Gutkoski, et al., 2007).

Além disso, a presença de fibra alimentar nos alimentos é de grande interesse na área da saúde, já que têm sido relatados numerosos estudos que relacionam o papel da fibra alimentar com a prevenção de certas enfermidades (Leme, 2007). Fibra alimentar é o constituinte do alimento que não é digerido devido à ausência de enzimas específicas ou à incapacidade das enzimas presentes no trato gastrointestinal de completarem a digestão (Carvalho, et al., 2006).

Por outro lado, existe uma alta prevalência de uma doença emergente, tanto em crianças como em adultos aparentemente saudáveis: a doença celíaca (DC). A doença celíaca é uma doença inflamatória induzida pela ingestão de glúten em indivíduos previamente predispostos, seu tratamento é baseado em uma dieta isenta de alimentos que contenham glúten como trigo, aveia, centeio, cevada e malte, a restrição dietética deve ser mantida pelo paciente por toda a vida (Silva, 2010).

Tendo em vista que cada vez mais se busca alimentos específicos para pessoas com estas patologias, a utilização da berinjela é uma alternativa cujo interesse pela dar-se-á pelos seus efeitos para a manutenção da saúde (Souza, 2011).

A berinjela é um vegetal com alto teor de água, boa fonte de sais minerais (cálcio, fósforo, potássio e magnésio) e vitaminas (A, B1, B2, Niacina e Vitamina C). Além de rica em fibras e baixo teor lipídico, contém uma variedade de fitoquímicos, como polifenóis, que conferem importantes benefícios à saúde (Akanitapichat, et al., 2010).

Por suas características nutricionais, a farinha de berinjela revela-se como um ingrediente fortemente desejável para enriquecer outros alimentos. O alto teor de fibra permite que a farinha de berinjela possa ser utilizada na elaboração de pães e massas, expandindo a oferta dos produtos ricos em fibras, tanto para os consumidores sadios, quanto para aqueles que apresentam algum tipo de patologia (Perez e Germani, 2007).

Atualmente produtos de panificação vem adquirindo gradativa importância referindo-se ao consumo e à comercialização no Brasil, principalmente, devido ao desenvolvimento técnico que possibilitou mudanças nas indústrias que antes pequenas, passaram à grande escala (Moscatto, Prudencio-Ferreira e Hauly, 2004). E no setor alimentar, a análise sensorial é essencial para avaliar a aceitabilidade mercadológica e a qualidade do produto, sendo parte do plano de controle de qualidade de uma indústria (Teixeira, 2009).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um bolo sem glúten e sem lactose, enriquecido com farinha de berinjela e avaliar sua aceitabilidade, tendo como alvo um público que busque alimentos mais saudáveis ou que seja portador de patologias específicas tendo em vista que, o bolo sem adição da farinha de berinjela continua sendo destinado a um determinado público.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Amostras

A farinha de berinjela foi preparada no Laboratório de Nutrição Experimental, do Curso de Nutrição da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM.

As berinjelas foram pré-lavadas em água corrente e submetidas a sanitização em água clorada por 10 minutos. Os cálices foram retirados e as berinjelas cortadas em fatias de 8 milímetros para facilitar sua secagem. As fatias foram acondicionadas em formas e colocadas em estufa aquecida em 60º C, por 24 horas. Em seguida, as berinjelas foram trituradas em liquidificador.

### 2.2 Formulação da Massa de Bolo

O estudo é caracterizado como uma pesquisa quantitativa e descritiva. Para a elaboração da pesquisa, foi realizado o preparo da massa de bolo no Laboratório de Análise Sensorial (LASENSO), do curso de Nutrição da Universidade Federal de Santa Maria - *Campus* Palmeira das Missões. Os ingredientes para a formulação da massa foram adquiridos no comércio local de Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul.

A massa de bolo foi elaborada com a mistura da farinha de arroz, açúcar, cacau em pó (100%), ovos, água e óleo de soja vegetal. A farinha de berinjela foi misturada com a farinha de arroz em proporção 10:90 (10% de farinha de berinjela) e 30:70 (30% de farinha de berinjela). A massa foi assada em forno pré-aquecido (180ºC), por 45 minutos. Depois de assado, o bolo foi cortado em pedaços com tamanhos iguais de 3cm/3cm/1cm, para posterior análise sensorial.

### 2.3 Análise Sensorial

Para avaliar a aceitabilidade do bolo, foi recrutada uma equipe, após preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido, de 60 provadores não treinados, com idade igual ou superior a 18 anos, composta por estudantes, professores e funcionários da Universidade Federal de Santa Maria - Campus Palmeira das Missões, de ambos os sexos e que não possuíam intolerância ou alergia aos produtos utilizados na formulação da massa, os quais foram solicitados a preencher a ficha de análise sensorial para as duas amostras formuladas. A avaliação ocorreu no Laboratório de Análise Sensorial, do curso de Nutrição da UFSM - *Campus* de Palmeira das Missões – RS.

Para a análise sensorial foi elaborada uma ficha baseada na escala hedônica verbal de 9 pontos (ancorada em seus extremos 9 - gostei muitíssimo a 0 - desgostei muitíssimo), sendo avaliados os atributos: cor, sabor, textura e aceitação global. Os bolos foram apresentados em copos plásticos codificados com três algarismos aleatórios e os testes conduzidos nas cabines individuais, sob luz branca e à temperatura ambiente. Foi avaliada também a intenção de compra do produto.

### 2.4 Composição Nutricional

Para a estimativa da composição nutricional dos bolos, foram utilizadas a Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (Taco, 2006), além das informações contidas nos rótulos dos produtos utilizados nas preparações.

### 2.5 Análise Estatística

Os dados da avaliação sensorial foram avaliados no programa Microsoft Excel 2010 e calculados em média ± desvio padrão e submetidos à análise estatística pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância no programa SASM-Agri versão 4 (Canteri, et al., 2001).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos sessenta (60) provadores, a maioria tinha entre 18-24 anos (73,33%, n=44), predominando os do sexo feminino (88,33%, n=53).

De acordo com os resultados obtidos na análise estatística, não houve diferença significativa entre as amostras com 10 e 30% de farinha de berinjela entre os atributos avaliados (cor, sabor, textura e aceitação global). Dessa forma, não houve diferença estatística na aceitabilidade entre as duas formulações ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Os resultados obtidos na análise sensorial expressos em média ± desvio padrão conforme os atributos observados podem ser visualizados na Tab. 1.

**Tabela 1-** Valores médios ± desvio padrão e gráfico radar dos atributos observados na análise sensorial dos bolos elaborados com diferentes percentuais de farinha de berinjela (FB).

| AMOSTRA | COR | SABOR | TEXTURA | ACEITAÇÃO GLOBAL |
|---|---|---|---|---|
| **Bolo 10% FB** | 8,0 ±0,97[a*] | 8,0 ±0,98 [a] | 7,7 ±1,38 [a] | 7,9 ±1,01 [a] |
| **Bolo 30% FB** | 8,2 ±0,83 [a] | 7,8 ±0,97 [a] | 7,6 ±1,24 [a] | 7,9 ±1,02 [a] |

* Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% pelo teste Tukey. (Coeficiente de variação: 2,71%; Quadrado médio do resíduo: 6,12).

### 3.1 Atributo Cor

Ao avaliar o atributo cor não houve diferença significativa entre as amostras ao mesmo nível de 5% pelo teste de Tukey.

Perez e Germani (2007) realizaram um estudo com biscoitos formulados com diferentes proporções de farinha de berinjela. Constatando que a cor dos biscoitos está diretamente relacionada com os ingredientes contidos na formulação, já que farinha de berinjela possui uma coloração mais escura que a farinha de trigo e, consequentemente, os biscoitos apresentaram uma coloração mais intensa, à medida que foram utilizados maiores teores de farinha de berinjela. Em nosso estudo foi observado uma maior avaliação do quesito cor pelos julgadores no bolo elaborado com 30% de farinha de berinjela, corroborando com os autores, mas sem diferença significativa entre o bolo com 10% de farinha de berinjela, mostrando que ambos foram bem aceitos pelos julgadores.

### 3.2 Atributo Sabor

Ao avaliar o atributo sabor das amostras não houve diferença significativa entre as mesmas ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a textura também influencia a percepção do sabor do produto. Foi observado entre as avaliações dos julgadores no quesito sabor, que o bolo com 30% de farinha de berinjela pode ter apresentado uma menor média em relação ao sabor, devido a maior quantidade residual da farinha de berinjela, mas não houve diferença significativa entre o bolo com 10% de farinha de berinjela, mostrando que ambos foram bem aceitos pelos julgadores.

### 3.3 Atributo Textura

Em relação oo atributo textura das amostras não houve diferença significativa entre as mesmas ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Soares Júnior, et al. (2009) verificaram redução nos escores médios relacionados ao atributo textura em pães à medida que a farinha de trigo foi substituída por farelo de arroz torrado e, atribuíram como uma das causas dessa redução, as características tecnológicas das fibras e seus efeitos sobre outros componentes do alimento. Em nosso estudo não foi observada diferença estatística entre os bolos com diferentes percentuais de farinha de berinjela entre os julgadores.

A textura é um atributo de qualidade muito importante. O conjunto das impressões obtidas na mastigação determina a aceitação ou rejeição de um produto (Chitarra e Chitarra, 1990).

### 3.4 Atributo Aceitação Global

Ao avaliar o atributo aceitação global das amostras não houve diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% pelo teste Tukey. Os dois bolos obtiveram o mesmo resultado na avaliação.

De acordo com Teixeira, Meinert e Barbetta (1987), para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha um índice de aceitação de no mínimo 70%.

Os bolos avaliados ficaram ambos com pontuação acima de 70% mostrando assim, uma excelente aceitação destes produtos.

A Figura 1 mostra a avaliação do bolo contendo 10% de farinha de berinjela. Observa-se que os atributos cor, sabor e aceitação global foram bem avaliados nesta formulação, enquanto que o atributo textura obteve uma aceitação menor em comparação aos demais quesitos avaliados.

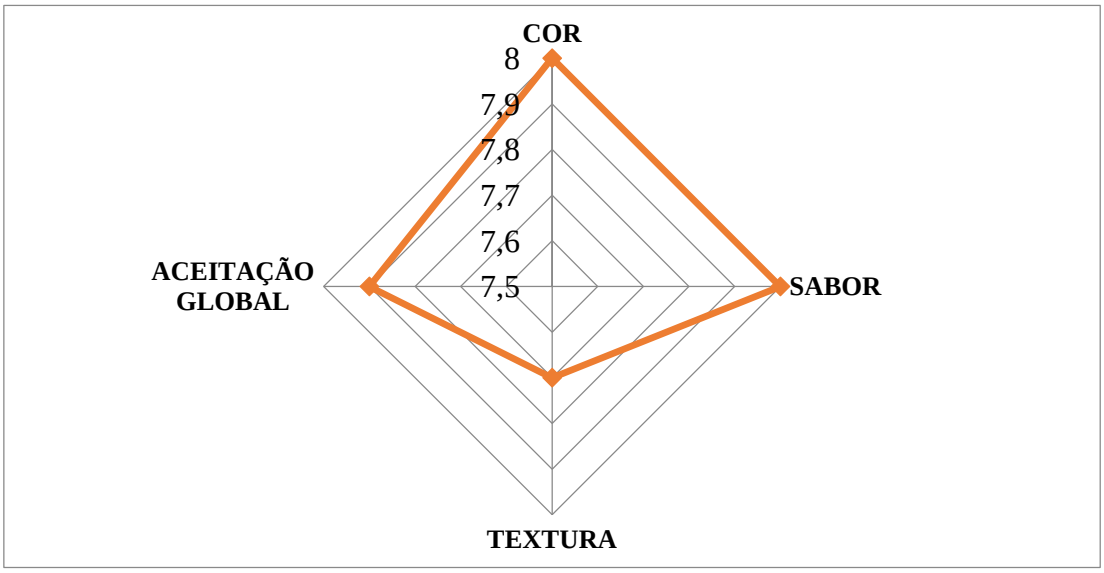



Figura 1. Avaliação do bolo contendo 10% de farinha de berinjela.

A Figura 2 mostra a avaliação do bolo contendo 30% de farinha de berinjela. Observa-se que o atributo cor obteve a melhor avaliação, enquanto os atributos sabor, textura e aceitação global permaneceram com médias menores e próximas entre si.

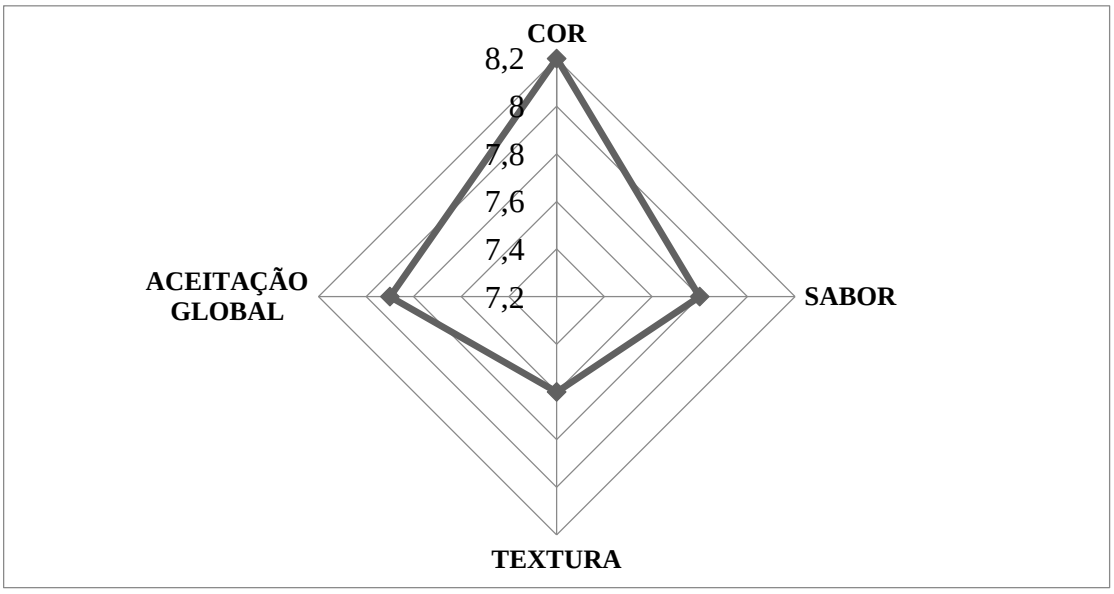


Figura 2. Avaliação do bolo contendo 30% de farinha de berinjela.

A aceitação dos alimentos funcionais pode estar relacionada à informação que os consumidores recebem acerca desses produtos e à percepção dos benefícios promovidos pelo alimento (Urala e Lahteenmaki, 2004).

### 3.4 Intenção de compra

Para a avaliação da intenção de compra, os julgadores tiveram que responder a pergunta se compraria ou não o bolo se este estivesse disponível comercialmente. Apenas dois (02) provadores marcaram que não comprariam (3,4%). Dessa forma, 96,6% (n=58) comprariam o bolo se este estivesse disponível comercialmente.

### 3.5 Composição nutricional

As informações nutricionais de cada bolo estão representadas em forma de tabela (Tab. 2) com base em uma dieta de 2.000 Kcal e em porção de 50g (1 fatia).

Tabela 2 - Informação nutricional dos bolos com 10% e 30% de farinha de berinjela.

| **Informação Nutricional** | **Bolo 10% FB** | | **Bolo 30% FB** | |
|---|---|---|---|---|
| | Quantidade por porção | % VD* | Quantidade por porção | % VD |
| Valor energético | 215 Kcal | 10,75 | 217,5 Kcal | 10,87 |
| Carboidratos | 24 g | 8,0 | 25,5 g | 8,5 |
| Proteínas | 8,7 g | 17,4 | 8,8 g | 17,6 |
| Gorduras totais | 8 g | 12,3 | 8 g | 12,3 |
| Gorduras saturadas | 4 g | 20,0 | 4 g | 20,0 |
| Cálcio | 6,6 mg | 0,82 | 6,6 mg | 0,82 |
| Potássio | 32 mg | 0,68 | 57 mg | 1,21 |
| Sódio | 74,5 mg | 3,72 | 74,5 mg | 3,72 |
| Fibras | 9,7 g | 38,8 | 10 g | 40,0 |

*(VD: Valor Diário)

Observa-se na tabela acima, que existe pouca diferença entre as duas formulações em relação aos macronutrientes e micronutrientes analisados. Pode-se enfatizar a quantidade de fibras existente que chega a ser quase a metade da recomendação diária, tornado o bolo uma ótima alternativa alimentar. Segundo Cuppari (2002), e o *Food and Drug Administration* (FDA), órgão que normatiza alimentos e medicamentos nos Estados Unidos, é recomendada a ingestão de 25 a 35 g de fibras por dia. Deste modo, o consumo de uma fatia de 50 g do bolo enriquecido atende a recomendação de aproximadamente 40% deste valor.

## 4. CONCLUSÃO

As receitas de bolo elaboradas isentos de glúten e lactose e enriquecidas com farinha de berinjela em percentuais de 10 e 30% obtiveram excelente aceitação pelos julgadores, e não mostraram diferença significativa entre os atributos de cor, sabor, textura e aceitação global, analisados durante a análise sensorial, mostrando que a farinha de berinjela pode ser incluída nesses percentuais nas preparações sem alterar o sabor característico este tipo de formulação.

Os bolos elaborados com os dois níveis de farinha de berinjela podem ser classificados como produtos prontos para consumo, com alto teor de fibras, caracterizando este produto como um alimento funcional.

Estes resultados podem ser uma oportunidade de melhoria nos hábitos alimentares da população, além de alcançar pessoas com restrições alimentares que necessitam de produtos diferenciados.

## 5. REFERÊNCIAS

Akanitapichat P. et al., 2010. Antioxidant and hepatoprotective activities of five eggplant varieties. Food Chem Toxicol.

Canteri, M.G. et al., 2001. SASM-Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Ducan. *Revista Brasileira de Agro Computação*, Vol. 1, p.18-24.

Carvalho, M.M.S. and Lino, L.L.A. 2014. Avaliação dos fatores que caracterizam a berinjela como um alimento funcional. *Nutrire*: Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. *J. Brazilian Soc. Food Nutr*., Vol. 39, p. 130-143.

Chitarra, M.I.F. e Chitarra, A.B. 1990. *Pós-colheita de frutos e hortaliças*: fisiologia e manuseio.

Cuppari, L. 2002. *Guias De Medicina Ambulatorial E Hospita*lar – Nutrição Clínica Do Adulto. São Paulo: Manole.

Gutkoski, L.C. et al., 2007. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. *Ciência e tecnologia de alimentos*, Vol. 27, p.355-363.

Moscatto, J.A., Prudencio-Ferreira, S.H. and Hauly, M.C.O. 2004. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 24, p. 634-640.

Perez, P.M.P e Germani, R. 2004. Farinha Mista de Trigo e Berinjela: Características Físicas e Químicas. *B. CEPPA*, Vol. 22, p. 15-24.

Perez, P.M.P. and Germani, R. 2007. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (Solanum melongena L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 27, p. 186-192.

Silva, R. P., 2010. *Detecção e quantificação de glúten em alimentos industrializados por técnica de ELISA.*

Soares Júnior, M. S. et al., 2009. Qualidade de pães com farelo de arroz torrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, Vol. 29, p. 636-641.

Souza, D.S. and Silva,K.N., 2011. Substituição Parcial Da Farinha De Trigo Pela Farinha De Berinjela Para Elaboração De Massa Fresca. *Anais da 9ª Mostra Acadêmica UNIMEP2011*. Piracicaba, Brasil.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 2011. 05 Out. 2015 <www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf>.

Teixeira, L.V., 2009. Análise Sensorial na Indústria de Alimentos. *Revista Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Vol, 64, p. 12-21.

Teixeira E.. Meinert, E. M. e Barbetta, P. A. 1987. Análise sensorial de alimentos.

Urala, N. e Lähteenmäki, L. 2004. Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Qual. and Prefer*., Vol. 15, p. 793-803.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído nesse artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ERVAS AROMÁTICAS E ESPECIARIAS COMO FONTE DE ANTIOXIDANTES NATURAIS

**Angélica Inês Kaufmann**
Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho - SC
e-mail: Kaufmann.angelica@gmail.com

**Aline Sobreira Bezerra**
Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE
e-mail: alinecelo@hotmail.com

**Maiara Cristíni Maleico**
Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões - RS
e-mail: maiara_maleico@hotmail.com

**Resumo.** *A crescente procura por alimentos mais saudáveis e naturais impulsionou as pesquisas acerca de aditivos químicos. Muitas dessas pesquisas demonstram os malefícios causados pelos antioxidantes sintéticos, e a possível atividade antioxidante de ervas e especiarias. Esse trabalho objetivou analisar dezenove ervas aromáticas e especiarias utilizadas como condimentos na culinária mundial acerca de quantificar seus compostos fenólicos e analisar sua atividade antioxidante. Utilizando o extrato hidroalcoólico (80:20, v/v) de cada condimento, foi realizada a quantificação de compostos fenólicos, de acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteau e a avaliação da capacidade antioxidante dos condimentos foi determinada pelo método do DPPH através da determinação da capacidade do extrato de sequestrar o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). Os resultados demonstraram significativas quantidades de compostos fenólicos e atividade antioxidante entre as ervas e especiarias analisadas. A cúrcuma apresentou a menor quantidade de compostos fenólicos (23,02 mg EAG/g), no entanto apresentou o maior percentual de atividade antioxidante (75,92%). Além disso, o cravo foi o condimento que apresentou a maior quantidade de compostos fenólicos (166,96 mg EAG/g), enquanto o gengibre apresentou o menor percentual de atividade antioxidante (14,74%). Portanto esse trabalho compreende novos achados relevantes, contribuindo no progresso das pesquisas acerca de antioxidantes naturais.*

***Palavras-chave:*** *Antioxidante, Condimentos, Compostos Fenólicos.*

## 1.r INTRODUÇÃO

Atualmente, grande parte da população tem interesse por produtos naturais, não só no que diz respeito à alimentação, mas também ao tratamento de doenças. A busca por produtos de qualidade e a preocupação com os impactos na saúde tornaram o consumidor mais exigente quanto à origem dos produtos adquiridos (Júnior, Silva e Fonseca, 2010).

Na alimentação humana, as ervas aromáticas e especiarias atuam realçando o sabor dos alimentos e ativando o processo digestivo. Além disso, cada tipo de planta tem em suas composições diferentes substancias que agem no organismo mesmo quando a planta é usada apenas como tempero (Cardoso, et al., 2005). Ervas e especiarias trazem benefícios à saúde de quem os consome, quando usados adequadamente, estimulam a secreção gástrica e aumentam o tônus dos órgãos digestivos (Carrijo, et al., 2012).

A utilização de ervas e especiarias na preparação dos alimentos tem sido incentivada pelo fato delas possuírem atividade antioxidante, através de compostos capazes de desativar os radicais livres. As indústrias de alimentos vêm aumentando a utilização das especiarias, que atendam às exigências cada vez maiores dos consumidores, sendo que várias pesquisas estão sendo realizadas com a finalidade de se obterem quantidades adequadas de utilização, oferencendo melhoria de qualidade dos produtos a fim de desempenhar sua ação antioxidante e antimicrobiana, além de suas propriedades nutricionais, funções fisiológicas, funcionais e tecnológicas, os quais possam ser consumidos numa dieta habitual (Gonçalves, Santos; Morais, 2015).

Considerando a preocupação atual com efeitos maléficos que os antioxidantes sintéticos podem causar ao organismo, observa-se que os extratos de especiarias podem constituir uma fonte acessível de antioxidantes naturais. A adição de

especiarias pode evitar a deterioração oxidativa em vários sistemas, além de fornecer possível suplemento alimentício e farmacêutico. Evidências demonstram que novos antioxidantes podem ser empregados como terapêuticos, indicando que as pesquisas envolvendo antioxidantes naturais devem prosseguir, pois as mesmas se mostram de suma importância para a saúde humana (Del Ré e Jorge, 2012).

Com ênfase no exposto, realizou-se este trabalho com o objetivo de aprofundar o estudo das ervas aromáticas e especiarias, abordando características como utilização, propriedades e quantificação de compostos fenólicos bem como, sua atividade antioxidante.

## 2.r MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1rAmostras

A maioria das amostras foi adquirida em forma de pó através da loja virtual, Estação dos Grãos Ltda., com sede localizada no estado de São Paulo/SP. O alho foi adquirido "*in natura*" no comércio de Palmeira das Missões/RS e a cebolinha foi coletada no município de Três de Maio/RS.

As amostras de louro, cominho, alecrim, cravo, anis estrelado e noz moscada, juntamente com o alho e a cebolinha foram levadas ao Laboratório de Apoio à Nutrição da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, onde foram submetidas à desidratação em estufa ventilada a temperatura de 60ºC durante 24 horas. Após a secagem o material foi triturado em processador, armazenado em saco plástico e congelado até o momento das análises.

### 2.2rPreparo das amostras

Para a quantificação de compostos fenólicos totais, foi preparada uma solução hidroetanólica (80:20, v/v), e acrescentada em 10 mL desta, um grama (1g) de cada amostra (previamente seca e triturada) em tubos Falcon de 50 ml (1:10, m/v). Os tubos foram agitados cuidadosamente por 2 minutos. Posteriormente, foram colocados em banho-maria a 40°C por 30 minutos. Após esse período, os extratos foram filtrados em papel filtro e armazenados em refrigeração para posterior análise.

### 2.3rAnálise de compostos fenólicos

A análise de compostos fenólicos foi realizada no Laboratório de Apoio da UFSM. A análise de compostos fenólicos foi realizada de acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteau descrito por Singleton, Orthofer e Lamuel, (1999) e Bezerra (2012), utilizando ácido gálico como padrão.

Os extratos obtidos foram diluídos e, uma alíquota de 0,1 mL de cada amostra diluída foi transferida para um tubo e adicionado 2,0 mL do reagente *Folin-Ciocalteau*, diluído em água destilada na proporção de 1:10 (v/v). A mistura permaneceu em repouso 5 minutos. Em seguida foram adicionados 2,0 mL de carbonato de sódio 7,5% e os tubos deixados em repouso por 1 hora, na ausência de luz. A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 740 nm. As análises foram conduzidas em triplicata.

### 2.4rAnálise da atividade antiodante

O método está baseado na capacidade do DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) em reagir com doadores de hidrogênio. Na presença de substâncias antioxidantes o mesmo recebe $H^+$ sendo então reduzido. Pode ser facilmente detectado por espectroscopia devido a sua intensa absorção na região visível. O ensaio é iniciado pela adição do DPPH na amostra, em solução e mensurado pela capacidade da amostra de reduzir o DPPH.

A capacidade da amostra de reduzir o DPPH é expressa em percentual (% AA), e calculada em relação ao controle, segundo a Eq. (1):

$$\%AA = \frac{A_C-(A_A-A_B)\times 100}{A_C} \quad (1)$$

Onde $A_C$ é a absorvância do DPPH, $A_A$ é a absorvância da amostra e $A_B$ é a absorvância do branco da amostra.

A capacidade antioxidante dos extratos das plantas foi determinada pelo método do DPPH através da determinação da capacidade do extrato de sequestrar o radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), conforme Bezerra (2012). Os extratos elaborados para determinação foram analisados por meio de espectroscopia na região do visível em comprimento de onda de 522 nm. Os resultados foram expressos em percentual de capacidade antioxidante e analisados em triplicata.

### 2.5rAnálise Estatística

Os dados referentes à pesquisa, foram interpretados por análise descritiva simples no programa Excel 2010 e calculados em média ± desvio padrão e submetidos à análise de variância pelo teste Tukey ($p < 0,05$) no programa SASM-Agri versão 4 (Canteri et al., 2001).

## 3.r RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1rQuantificação de compostos fenólicos das amostras

Observando os resultados da Tab. 1, pode-se perceber que a maioria das ervas analisadas exibiram uma maior quantidade de compostos fenólicos, enquanto que as especiarias obtiveram resultados menores com exceção do cravo e da canela.

Tabela 1- Quantificação de fenólicos totais das amostras analisadas.

| Amostras | mg/g fenólicos totais (mg EAG/g) | Desvio Padrão |
|---|---|---|
| Cravo | 166,96 [a] | ±1,01 |
| Oregano | 158,90 [b] | ±3,72 |
| Canela | 151,79 [b] | ±1,95 |
| Tomilho | 144,01 [c] | ±2,91 |
| Alecrim | 137,99 [c] | ±2,90 |
| Hortela | 127,15 [d] | ±1,06 |
| Louro | 120,48 [de] | ±2,85 |
| Manjericão | 118,53 [e] | ±3,40 |
| Salvia | 108,50 [f] | ±0,36 |
| Anis | 89,72 [g] | ±1,73 |
| Coentro | 86,18 [g] | ±6,54 |
| Cebolinha | 60,46 [h] | ±2,09 |
| Cominho | 56,70 [hi] | ±1,51 |
| Erva Doce | 50,12 [ij] | ±1,60 |
| Salsa | 49,08 [j] | ±1,57 |
| Alho | 31,34 [k] | ±0,24 |
| Noz Moscada | 28,00 [kl] | ±0,60 |
| Gengibre | 25,53 [kl] | ±0,88 |
| Curcuma | 23,02 [l] | ±1,06 |

* Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% pelo teste Tukey. (Coeficiente de variação: 2,71%; Quadrado médio do resíduo: 6,12).

Analisando o alecrim, Pereira e Pinheiro (2013) encontraram um resultado inferior em seu estudo, apenas 40,15 mg/g de compostos fenólicos em extrato etanólico 80% (v/v) de alecrim. Também no estudo de Silva, et al. (2011) o extrato aquoso de alecrim apresentou uma quantidade compostos fenólicos de 30,70 mg/g.

Andreo e Jorge (2011) encontraram uma concentração de compostos fenólicos totais, de 251 mg/g em extrato etanólico de gengibre, resultado superior comparado com o presente estudo. Já no estudo de Matiolli (2014) constatou-se uma quantidade bastante inferior de fenóis totais em extratos aquosos de canela (4,34 mg/g), manjericão (3,56 mg/g) e orégano (3,52 mg/g).

Shan, et al., (2005) analisaram 26 condimentos diferentes utilizando 2 g de amostra extraída com 50 mL de metanol a 80%. Estes obtiveram os seguintes resultados: Canela (119,0 mg/g), Orégano (101,7 g), Sálvia (53,2 mg/g), Alecrim (50,7 mg/g), Tomilho (45,2 mg/g), Louro (41,7 mg/g), Manjericão (36,4 mg/g), Anis (20,2 mg/g), Noz moscada (16,1 mg/g), Salsa (9,7 mg/g), Coentro (8,8 mg/g), Gengibre (6,3 mg/g), Cominho (2,3 mg/g).

É possível perceber que os resultados foram inferiores aos encontrados no presente trabalho. Essas diferenças estão relacionadas às soluções extratoras utilizadas em cada estudo. Porém pode-se observar que, como no presente trabalho, os condimentos que apresentaram resultados superiores foram a canela, o orégano e a maior parte das ervas.

### 3.2rAvaliação da atividade antioxidants das amostras

Observando os resultados da Tab. 2, pode-se perceber que a cúrcuma apresentou o maior percentual de atividade antioxidante, e, no entanto obteve a menor quantificação de compostos fenólicos.

Tabela 2- Percentual de atividade antioxidante das amostras analisadas.

| Amostras | % Atividade Antioxidante | Desvio Padrão |
|---|---|---|
| Curcuma | 75,92 [a] | ±0,23 |
| Hortela | 68,77 [ab] | ±0,39 |
| Louro | 68,23 [abc] | ±0,67 |
| Salvia | 66,88 [bc] | ±0,81 |
| Manjericão | 62,70 [bcd] | ±0,10 |
| Anis | 60,14 [cd] | ±1,75 |
| Cominho | 53,93 [de] | ±0,67 |
| Coentro | 47,73 [ef] | ±1,81 |
| Cebolinha | 46,85 [efg] | ±1,14 |
| Erva Doce | 45,16 [efg] | ±0,29 |
| Oregano | 43,21 [fgh] | ±1,44 |
| Tomilho | 42,53 [fghi] | ±0,92 |
| Noz Moscada | 41,45 [fghij] | ±2,08 |
| Alecrim | 39,50 [fghij] | ±0,10 |
| Canela | 39,43 [ghij] | ±3,78 |
| Cravo | 39,03 [ij] | ±9,74 |
| Alho | 34,57 [hij] | ±0,95 |
| Salsa | 33,50 [j] | ±1,73 |
| Gengibre | 14,74 [k] | ±1,76 |

* Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% pelo teste Tukey. (Coeficiente de variação: 6,15%; Quadrado médio do resíduo: 8,65).

Apesar da baixa quantificação de fenólicos, a avaliação da atividade do extrato em sequestrar o radical DPPH foi significativamente elevada, o que mostra que os antioxidantes presentes na cúrcuma são extremamente eficientes na captura do radical livre do que outros condimentos que obtiveram uma maior quantificação destes. Segundo Balasundram, et al., (2006), a estrutura dos compostos fenólicos é um fator determinante para a atividade antioxidante, assim sendo conhecido como relação estrutura-atividade. Isso explica o fato de alguns compostos exibiram altas quantificações de fenólicos totais e em algumas vezes um baixo percentual de atividade antioxidante frente a um radical livre.

Os dados obtidos por Sobral (2012) revelaram que as correlações entre a atividade antioxidante e o conteúdo de fenólicos totais podem depender do método escolhido (DPPH, FRAP, ABTS) e das características hidrofóbicas e hidrofílicas do método. Portanto os resultados de atividade antioxidante não necessariamente correspondem à quantidade de compostos fenólicos, mas dependem da interação entre o extrato e o radical livre.

O estudo de Matiolli (2014) obteve resultados de atividade antioxidante utilizando o método DPPH de extratos aquosos de manjericão (82,01%), orégano (81,32%) e canela (77,82%) e gengibre (12,59%). O percentual de atividade antioxidante encontrado no presente trabalho para o gengibre, foi semelhante ao encontrado pelo autor.

Gonçalves, Santos e Morais (2015) encontraram uma grande variabilidade dos resultados para a capacidade antioxidante, entre 73,8% (manjericão), 83,9% (alecrim), 84,1% (cebolinha), 75,2% (cominho), 90,3% (orégano), 87,2% (salsa), 82,5% (tomilho) para os extratos aquosos, e 92,6% (manjericão), 93,9% (alecrim), 55,2% (cebolinha), 89,6% (cominho), 96,0% (orégano), 97,2% (salsa), 94,4% (tomilho) para os extratos alcoólicos.

Já Andreo e Jorge (2011) encontraram 79,1% de atividade antioxidante em extrato etanólico de gengibre através do método DPPH.

Supõe-se que está grande variabilidade de resultados obtidos pode ser explicada, pelo emprego de diferentes processos de extração (em água ou em álcool), obtendo extratos com diferentes concentrações destes compostos e, consequentemente, influenciando na quantificação. Estes fatos tornam difícil a comparação dos resultados entre os estudos.

Dessa forma, são necessárias outras análises acerca da quantificação de compostos fenólicos e da atividade antioxidante por diferentes metodologias, em virtude da necessidade de se investigar outros métodos de preparação da

amostra, extração dos compostos fenólicos e solvente extrator para utilização desses antioxidantes de fontes naturais na indústria de alimentos ou farmacêutica.

## 4.r CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram significativas quantidades de compostos fenólicos e atividade antioxidante entre as ervas e especiarias analisadas. A cúrcuma apresentou a menor quantidade de compostos fenólicos, mas ao mesmo tempo apresentou o maior percentual de atividade antioxidante.

Pode-se concluir que alguns compostos fenólicos são mais eficientes que outros na captura do radical DPPH, e nem sempre os compostos fenólicos quantificados serão efetivos na captura de um radical livre explicando a discrepância entre os resultados da quantificação de compostos fenólicos em relação à atividade antioxidante.

## 5.r REFERENCIAS

Andreo, D. e Jorge, N., 2011. *Capacidade Antioxidante e Estabilidade Oxidativa de Gengiber officinale.* Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde, São Paulo, Vol. 13, p.33-37.

Balasundram, N. et al., 2006. *Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses.* Food Chemistry, Vol. 99, p. 191-203.

Bezerra, A. S. 2012. *Avaliação de compostos funcionais de grãos e extrato concentrado de cevada visando aplicações nutricionais*. 108 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Canteri, M. G. et al., 2001. *SASM-Agri – Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan*. Revista Brasileira de Agrocomputação, Vol. 1, p. 18-24.

Cardoso, M. G. et al. *Plantas aromáticas e condimentares***.** Boletim Técnico. 26 Set 2016 <http://livraria.editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-62.pdf>.

Carrijo, K. F. et al., 2012. *Condimentos e especiarias empregados no processamento de alimentos: considerações a respeito de seu controle físico-químico*. PUBVET, Londrina, Vol. 6, n. 26.

Del Ré, P. V. e Jorge, N., 2012. *Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde.* Revista Brasileira de Plantas Medicinais, Botucatu, Vol.14, p.389-399.

Gonçalves, J. H. T., Santos, A. S. e Morais, H. A., 2015. *Atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e triagem fitoquímica de ervas condimentares desidratadas*. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, Vol. 13, p. 486.

Júnior, A. A. A.; Silva A. F. e Fonseca, M. C. M., 2010. *Conhecimento tradicional do uso medicinal das plantas.* informe agropecuário, Belo horizonte, 2010.

Matiolli, L. S., 2014. *Avaliação da citotoxicidade e atividade antioxidante de plantas condimentares*. 43f. Dissertação (Mestrado em Biociências). Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Assis.

Pereira, D. e Pinheiro, S. R., 2013. *Elaboração de hamburgueres com antioxidantes naturais oriundos de extratos etanólicos de alecrim (Rosmarinus officinalis.L).* 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco.

Shan, B. et al., 2005. *Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Characterization of Their Phenolic Constituents.* Journal Of Agricultural And Food Chemistry, Hong Kong, Vol. 53, p.7749-7759.

Silva, A. M. O. et al., 2011. *Efeito do extrato aquoso de alecrim (Rosmarinus officinalis L.) sobre o estresse oxidativo em ratos diabéticos.* Revista de Nutrição, Campinas, Vol. 1, p.121-130.

Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela, R. M.; Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteau reagent. Methods of Enzymology, Vol. 299, p.152-178, 1999.

Sobral, A. I. B., 2012. *Efeito do solvente nas propriedades antioxidantes e no conteúdo em compostos fenólicos de extratos de frutos e folhas de Rubus*. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biológica, Universidade do Algarve, Faro.

## 6.r AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS ANTES E APÓS SECAGEM EM ESTUFA E LIOFILIZAÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE BANANA (M*usa* spp.) E APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS

**Bruno Fischer**
**César Tamaluski**
**Clarice Steffens**
**Jamile Zeni**
**Janaine Ferreira**
**Jean Carlo Rauschkolb**
**Patricia Griep**
**Rosicler Colet**
**Thiago André Weschenfelder**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – Campus de Erechim / Av 7 de setembro, 1621, Erechim-RS.
bruno.fischer.com@hotmail.com
cesartamaluski@gmail.com
clarices@uricer.edu.br
jamilezeni@uri.com.br
janaine_ferreira@outlook.com
jeancarlo_ab@hotmail.com
patygriep_@hotmail.com
rosicler.colet@yahoo.com.br
thiago.weschenfelder@gmail.com

***Resumo:*** *Dentre as técnicas utilizadas para a conservação de alimentos, a desidratação visa inibir crescimento microbiano e reações bioquímicas que causam a deterioração do produto. A banana é uma fruta que amadurece rapidamente e logo entra na fase de senescência. O processo convencional de secagem é realizado em estufa, porém algumas perdas de características sugerem estudos de métodos alternativos, como a liofilização. Os gráficos de controle são ferramentas que auxiliam no controle de qualidade e processos. O objetivo deste trabalho foi avaliar algumas características de duas espécies de banana (Prata e Caturra), antes e após a desidratação dos frutos por secagem em estufa e liofilização, e aplicar o controle estatístico de processos . O teor de umidade inicial da banana Prata e Caturra foi de 68,5 e 76,96% respectivamente, após a secagem em estufa a umidade final foi de 6,43 e 15,85% respectivamente. Os valores de pH aumentaram na estufa e diminuíram para as amostras liofilizadas. O teor de sólidos solúveis das amostras in natura estava entre 21,0 e 24,6 °Brix, porém não foi possível observar aumento da concentração. As amostras liofilizadas apresentaram menor atividade de água em relação às amostras da estufa. O percentual de reidratação das amostras da estufa foi maior do que as amostras liofilizadas. A luminosidade das amostras liofilizadas foi menos alterada do que na estufa. A temperatura de secagem permaneceu dentro dos limites estabelecidos.*

***Palavras-chave:*** *conservação de alimentos, frutas, desidratação, cinética de secagem, CEP.*

## 1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é uma fruta apreciada em todo mundo, principalmente nos países tropicais, cultivada em todos os estados brasileiros. Constitui um produto de alto valor nutritivo com o custo relativamente baixo, consumida normalmente na forma *in* natura (Silva e Ramos, 2009).

Durante a maturação da banana, ocorrem transformações químicas, físico-químicas e físicas muito rapidamente, que influenciam nas características do fruto. O amido é degradado, resultando no acumulo de açúcares, e no aumento de sólidos solúveis até aproximadamente 27%; a alteração da cor da casca devido à degradação da clorofila para síntese de

carotenoides, acompanhada da diminuição da firmeza; a adstringência representada pela presença de taninos decresce enquanto a acidez aumenta (Nascimento Junior et al., 2008).

Normalmente as frutas e vegetais apresentam elevado teor de umidade, sendo considerados produtos altamente perecíveis (Cano-Chauca et al., 2004). O uso do frio na conservação da banana não tem grande eficiência, sendo a industrialização a melhor alternativa para melhor aproveitamento da produção, prolongação da vida de prateleira e consequentemente redução de perdas (Souza et al., 2003).

Segundo Silva e Ramos (2009), as perdas não estão associadas somente à distribuição da banana, mas na cadeia produtiva como um todo: na lavoura (mais de 5%), processo de embalagem (mais de 2%), atacado (de 6 a 10%), varejo (de 10 a 15%) e consumidor (de 5 a 8%). Dessa forma, a desidratação é uma forma de reduzir as perdas, principalmente após o processamento, o que constitui uma alternativa economicamente interessante (Borges et al. 2010).

A secagem é uma técnica de conservação de alimentos utilizada desde a antiguidade, uma vez que a umidade influencia diretamente na durabilidade e qualidade dos produtos. A remoção da água implica na inibição de microrganismos, prevenção de reações bioquímicas deteriorantes, além de diminuir custos de transporte, embalagem e estocagem (Pontes et al., 2007).

A secagem em estufa constitui uma técnica de baixo custo e consiste na aplicação de calor produzido artificialmente em condições de umidade, temperatura e corrente de ar controlado, porém pode provocar danos ao produto como perda de algumas vitaminas e outros componentes. Por outro lado, a liofilização é um processo de desidratação que praticamente não altera as propriedades químicas e organolépticas do alimento, pois se fundamenta na passagem da água do estado sólido para o estado gasoso (sublimação), utilizando baixas condições de temperatura e pressão (Menezes et al., 2009).

De acordo com a Resolução CNNPA n° 12, de 24 de julho de 1978, “fruta seca” é o produto obtido pela perda parcial da água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados, com umidade máxima de 25% p/p (Brasil, 1978).

O Controle de Qualidade visa monitorar padrões de produto e processos a serem atingidos afim de elevar o grau de satisfação do consumidor e o desenvolvimento do processo industrial. Os gráficos de controle são ferramentas que auxiliam a gestão da qualidade dos produtos através do monitoramento de dados e identificação de possíveis causas para ocorrências ou tendências à falta de controle (Rosario, Dantas e Oeiras, 2015).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar algumas características (pH, sólidos solúveis, umidade, atividade de água, capacidade de reidratação e cor) de duas espécies de banana (Prata e Caturra), antes e após a desidratação dos frutos por secagem em estufa de circulação de ar e liofilização, e avaliar o processo de secagem em estufa através da aplicação do Controle Estatístico de Processos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Preparo da amostra

Para realização deste estudo, foram utilizadas duas cultivares de banana, Prata e Caturra, adquiridas no mercado local. As frutas foram descascadas e cortadas em fatias de aproximadamente 0,5 cm de espessura.

### 2.2 Desidratação

#### 2.2.1 Secagem em estufa com circulação de ar

No processo de secagem em estufa com circulação de ar as amostras de banana foram dispostas nas bandejas e submetidas à secagem em estufa (FANEM – Mod. 320 SE) na temperatura de 65°C por 450 minutos. As amostras foram pesadas a cada 30 minutos para a determinação da curva de secagem.

#### 2.2.2 Liofilização

No processo de liofilização as amostras de banana foram previamente congeladas em ultra freezer a -80°C em seguida dispostas em placas de Petri e colocadas em liofilizador (Edwards) acoplado a uma bomba de vácuo (Edwards) onde permaneceram por 72 horas.

### 2.3 Análises Físico-químicas

#### 2.3.1 pH

A determinação do pH foi realizada por método eletrométrico através da utilização de um pHmetro previamente calibrado com as soluções tampão 4,0; 7,0 e 9,0. Para análise da amostra in natura o eletrodo foi colocado em contato direto com a amostra triturada, enquanto para as amostras secas, realizou-se uma suspensão em água.

### 2.3.2 Sólidos Solúveis

A determinação dos sólidos solúveis, que representa o teor de açúcar presente nas amostras, foi realizada com o auxílio de um Refratômetro de Bancada. A análise da amostra in natura foi realizada diretamente enquanto a para as amostras secas, realizou-se uma suspensão em água.

### 2.3.3 Umidade

A determinação de umidade foi realizada pelo método de secagem direta em estufa a 105ºC. As amostras foram desidratadas em estufa por 4 hora em cadinhos de porcelana, em seguidas mantidas em dessecador até atingir temperatura ambiente e posteriormente pesadas. O teor de umidade final foi calculado pela diferença de massa perdida na desidratação e expresso em porcentagem.

### 2.3.4 Atividade de água

A determinação da atividade de água foi determinada por método direto através da utilização de um Analisador de Atividade de Água - Labtouch (Novasina) onde a amostra permanece na câmara de análise até a estabilização e leitura da quantidade de água livre.

### 2.3.5 Cor

A determinação de cor foi realizada diretamente através do equipamento Colorímetro portátil (Minolta CR400), na escala L*, a*, b*, onde L* indica a luminosidade da amostra que vai do preto ao branco; e a* e b* são coordenadas de cromatocidade que indicam a direção da cor, onde de -a* até a* representa do verde ao vermelho e de -b* até b* representa do azul ao amarelo respectivamente.

### 2.3.6 Capacidade de reidratação

Para avaliação da capacidade de reidratação das amostras secas, as mesmas foram transferidas para um béquer onde foram adicionados 100mL de água destilada. As amostras permaneceram em contato com a água por 5 minutos a temperatura ambiente. Após decorrido este tempo retirou-se as amostras da água, que permaneceram em descanso por mais 5 minutos, expostas ao ar ambiente e pesadas novamente. O resultado foi expresso em percentual de reidratação.

### 2.4 Controle estatístico do processo

Para o controle estatístico do processo de secagem em estufa, foi realizada a análise da estabilidade da temperatura utilizada durante o tratamento térmico, com a finalidade de identificar possíveis variações. Foram calculados os limites centrais, superior e inferior e construído o gráfico de controle utilizando o software Statística (StatSoft).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 (a) apresenta a curva de cinética de secagem em estufa para as duas cultivares de banana e a Figura 1 (b) apresenta o gráfico de controle estatístico do processo de secagem, o qual apresenta a variação da temperatura durante os 450 minutos de processamento, o limite central de controle (LCC), o limite inferior de controle (LIC) e o limite superior de controle (LSC).

As bananas caturra e prata apresentaram umidade inicial de 76,96% e 68,5% respectivamente. Na Figura 1 (a) observa-se que há diferença de umidade inicial e final entre as duas cultivares, segundo Amorim (2012) algumas diferenças entre as cultivares ocorrem devido à diferença na quantidade de água retida no fruto bem como o mecanismo de processo aplicado para retirada da água. Apesar desta diferença, as duas cultivares apresentaram comportamento semelhante de secagem, sendo que a banana caturra apresentou umidade final de 15,85% e a banana prata, 6,43%.

A Figura 1 (b) apresenta a variação da temperatura de secagem, e permite analisar se esta variável encontra-se dentro dos limites de controle. A temperatura mínima registrada foi de 59 °C, enquanto a máxima foi de 61 °C, sendo que estes valores encontram-se dentro dos limites de controle inferior (57,8 °C) e superior (61,8 °C), indicando que o processo ocorreu de acordo os padrões estabelecidos e sob controle.

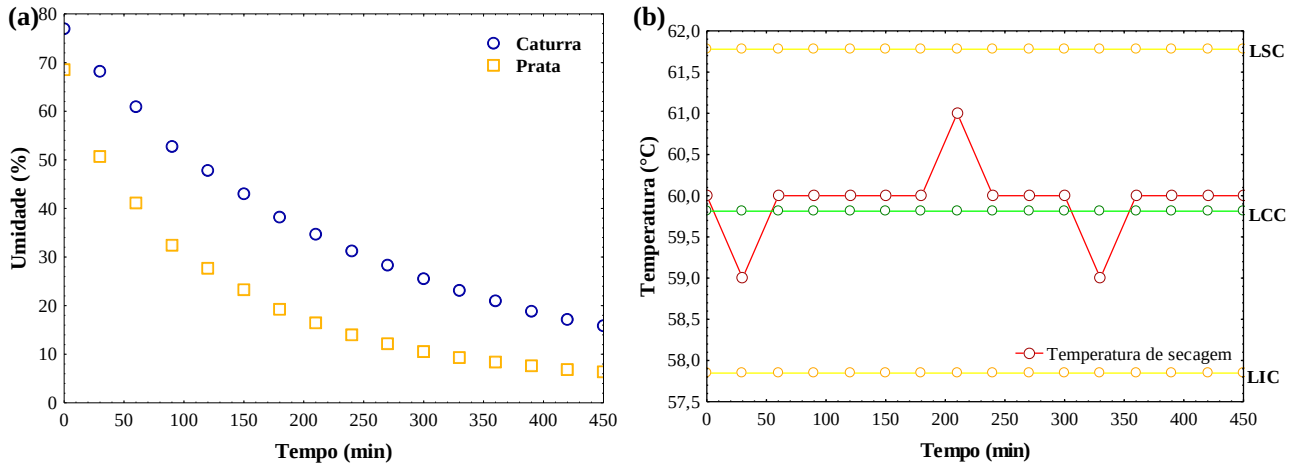



Figura 1: Cinética de secagem em estufa das cultivares de banana Prata e Caturra (a) e gráfico de controle da temperatura de secagem (b).

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises de pH, sólidos totais, atividade de água (Aw) e o percentual de reidratação das amostras de banana Prata e Caturra, in natura, secas em estufa e liofilizadas.

Tabela 1: Resultados das análises realizadas antes e após a secagem das amostras de Banana.

| Amostras | | pH | Sólidos totais (°Brix) | Aw | Reidratação (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Banana Prata | In Natura (Estufa) | 4,58 | 24,6 | 0,967 | 54,0 |
| | Após secagem (Estufa) | 4,84 | 1,4 | 0,679 | |
| | In Natura (Liofilizada) | 4,59 | 21,0 | 0,969 | 43,3 |
| | Após secagem (Liofilizada) | 3,72 | 5,2 | 0,338 | |
| Banana Caturra | In Natura (Estufa) | 5,12 | 22,0 | 0,956 | 54,0 |
| | Após secagem (Estufa) | 5,45 | 5,3 | 0,652 | |
| | In Natura (Liofilizada) | 4,73 | 22,4 | 0,966 | 43,4 |
| | Após secagem (Liofilizada) | 4,30 | 5,5 | 0,481 | |

O valor de pH das amostras teve comportamento semelhante em ambas cultivares, onde é possível identificar um aumento do pH no processo de secagem convencional em estufa, e uma redução no processo de liofilização. Tal efeito também foi observado por Oliveira et al. (2010) ao estudar a desidratação de Ubaia, o qual explica que o pH está diretamente ligado a acidez e ao estado de conservação do alimento, e ainda que a concentração dos íons de hidrogênio é alterada por processos de hidrólise, oxidação ou fermentação.

O teor de sólidos solúveis encontrados das amostras in natura foi dentro da faixa de 21,0 a 24,6 °Brix, enquanto os teores após a secagem foram significativamente mais baixos. Quando as frutas passam pelo processo de desidratação ocorreu um aumento nos teores de sólidos solúveis devido à concentração dos açúcares e ácidos orgânicos pela perda de água (Lima et al., 2012), comportamento que não foi encontrado neste estudo. Fato que provavelmente está relacionado a amostra seca ter sido suspendida em água para permitir a realização da análise no refratômetro.

A atividade de água das amostras in natura de banana Prata e Caturra apresentaram valores entre 0,956 e 0,969. Após a desidratação, as amostras liofilizadas apresentaram menor atividade de água quando comparadas processo convencional em estufa. Para banana Prata obteve-se atividade de água 0,481 quando liofilizada e 0,652 quando desidratada em estufa, a banana Caturra apresentou 0,338 quando liofilizada e 0,679 quando desidratada em estufa. O processo de liofilização demonstrou-se mais eficiente na remoção de água livre, porém este processo foi realizado por um período maior que em estufa.

O percentual de reidratação para ambas as cultivares de banana foi de 54,0% para as amostras secas em estufa. Para as amostras liofilizadas a banana Prata e Caturra apresentaram 43,3 e 43,4% de reidratação respectivamente. Estas

frutas demonstraram uma recuperação considerável do seu teor de umidade inicial, uma vez que permaneceram apenas 5 minutos em contato com água. De acordo com Souza et al., (2011), a reidratação é um processo complexo que visa restaurar as propriedades do produto in natura, onde inicialmente a absorção de água é mais rápida, nos estágios seguintes a taxa diminui e, quando a água preencher quase todos os poros do alimento, o teor de umidade do produto se aproxima do equilíbrio.

A Figura 2 apresenta o gráfico do parâmetro L* da análise de cor, que representa a luminosidade das amostras de banana. As bananas Prata e Caturra in natura apresentaram luminosidade de 76,66 e 53,88 respectivamente. As amostras que foram submetidas ao processo de secagem convencional em estufa apresentaram valores de L* mais baixos que as amostras liofilizadas. A utilização de baixas temperaturas e a rápida transição das fases na liofilização preserva as características de cor dos frutos, pois reduz reações de degradação como a reação de Maillard, desnaturação de proteínas, reações enzimáticas e caramelização de açúcares (Macan, Dewes e Piletti, 2017).

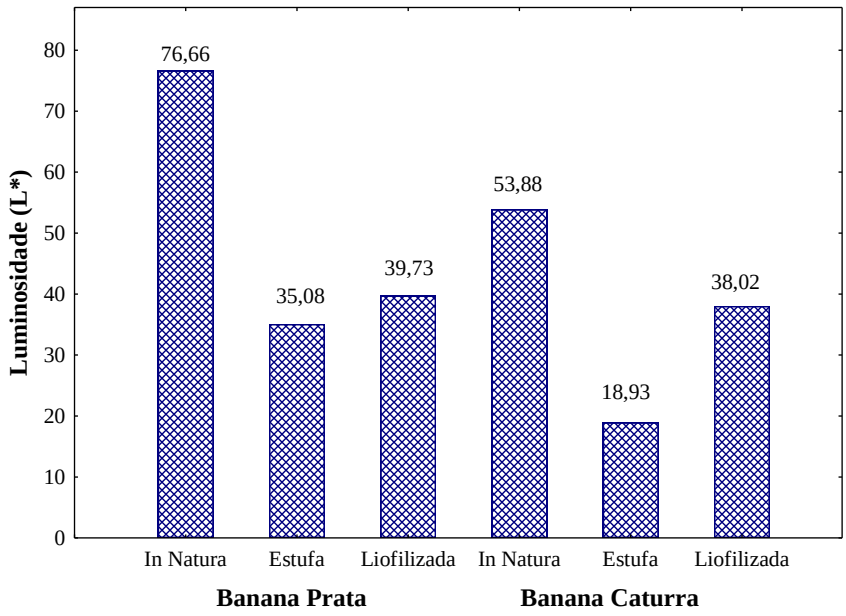



Figura 2: Luminosidade das amostras de banana Prata e Caturra, in natura, secas em estufa e liofilizadas.

Para os parâmetros de cor a* e b* não foi possível gerar uma relação com as técnicas de secagem, uma vez que estes valores dependem da região do alimento onde o equipamento realiza a leitura. Sabe-se que a aparência é um parâmetro de extrema importância na aceitabilidade de um alimento e a cor torna-se uma característica fundamental tanto em produtos naturais como em processados. Nesse contexto a liofilização é uma alternativa as técnicas convencionais de secagem e tem como vantagem a preservação das características organolépticas e propriedades químicas dos alimentos (Lunardi e Rosa, 2015).

## 4. CONCLUSÃO

As técnicas de secagem em estufa e liofilização mostraram-se eficientes na desidratação das bananas caturra e prata. Porém a técnica de liofilização apresenta vantagens em relação a técnica convencional em estufa por preservar as características das frutas, principalmente em relação as propriedades sensoriais. As bananas Prata e Caturra apresentaram umidade inicial de 68,5 e 79,96% e, após a secagem em estufa, 6,43 e 15,85% respectivamente.

A temperatura utilizada na secagem é de fundamental importância e influencia nas propriedades do produto final. O controle estatístico de processos permitiu a avaliação da estabilidade da temperatura no processo de secagem das bananas em estufa, sendo que esta variável permaneceu dentro dos limites de controle.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus de Erechim pela infraestrutura necessária para realização deste estudo.

## 6. REFERÊNCIAS

Amorim, T. P. (2012). *Avaliação físico-química de polpa e casca de banana in natura e desidratada.* Trabalho de Conclusão de Curso (Bachalerado em Nutrição), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Borges, S. V. et al. (2010). Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.30, n.3, p.605-612.

Brasil, Anvisa. Resolução – CNNPA n°12, 24 de julho de 1978. *Normas técnicas especiais, fixando os padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas) constantes desta Resolução*. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78.pdf. Acesso em: 05/04/2018.

Cano-Chauca, M. et al. (2004). Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. *B. CEPPA*, Curitiba, v.22, n.1, p.121-132.

Lima, A. P. B. et al. (2012). Avaliação das características físico-químicas de bananas desidratadas. *VII CONNEPI – Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e inovação*.

Lunardi, H. e Rosa, G. S. (2015). Estudo da influencia da liofilização nos parâmetros de cor de frutas tropicais. *XXXVIII ENEM – Congresso Brasileiro de sistemas particulados*, São Carlos – SP.

Macan, L. R.; Dewes, D. C. e Piletti, R. (2017). Avaliação físico-química comparativa do morango (*Albion*), desidratado pelos métodos de secagem e liofilização. *Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos*, n.2.

Menezes, A. R. V. et al. (2009). Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malphigia emarginata D.C*) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. *Rev. Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.11, n.1, p.1-8.

Nascimento Junior, B. B. et al. (2008). Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento: características físico-químicas e compostos voláteis. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.28, n.3, p.649-658.

Oliveira, E. N. A. et al. (2010). Obtenção de Ubaia desidratada pelo processo de liofilização. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.4, n.2, p.235-242.

Pontes, S. F. P. et al. (2007). Secagem e avaliação sensorial de banana da terra. *Rev. Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.9, n.2, p.143-148.

Rosario, K. P.; Dantas, L. M. e Oeiras, E. N. (2015). Aplicação do controle estatístico de processo no monitoramento do peso médio de polpas de frutas: um estudo realizado em uma empresa de médio porte. *XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Fortaleza – CE.

Silva, M. B. L. e Ramos, A. M. (2009). Composição química, textura e aceitação sensorial de doces em massa elaborados com polpa de banana e banana integral. *Rev. Ceres, Viçosa*, v.56, n.5, p.551-554.

Souza, D. S. et al. (2011). Estudo da cinética de reidratação do pó da polpa do abacate liofilizado. *Scientia Plena*, v.7, n.6.

Souza, P. H. M. et al. (2003). Avaliação de produtos obtidos pela desidratação osmótica de banana seguida de secagem. *B. CEPPA*, Curitiba, v.21, n.1, p.109-120.

## 7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluídos neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SEMENTE DE GIRASSOL (Helianthus annuus L.) E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

**Bruno Fischer**
**Natalia Woloszyn**
**Jean Carlo Rauschkolb**
**Jamile Zeni**
**Alexander Junges**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Tiago André Weschenfelder**

Universidade Reigonal Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim / Av. 7 de Setembro, 1621, Erechim – RS.
bruno.fischer.com@hotmail.com
natalia_wolo@hotmail.com
jeancarlo_ab@hotmail.com
jamilezeni@uricer.edu.br
junges@uricer.edu.br
ilizandrafernandes@yahoo.com.br
thiago.weschenfelder@gmail.com

***Resumo.*** *O óleo de girassol possui excelentes características físico-químicas e nutricionais, sendo de grande importância na alimentação humana, pois constitui uma fonte de ácidos graxos essenciais. Por meio de técnicas adequadas é possível a obtenção do óleo de girassol de qualidade para fins alimentícios. A extração por Soxhlet é um método convencional, enquanto as técnicas de extração assistida por ultrassom e extração com líquido pressurizado (ELP) são metodologias que oferecem alguns benefícios, como redução de tempo e utilização de temperaturas mais amenas, e por esses motivos vem ganhando destaque nas pesquisas. O objetivo deste estudo foi avaliar as diferentes técnicas de extração, Soxhlet, extração assistida por ultrassom e extração com líquido pressurizado, no rendimento e na atividade antioxidante do óleo da semente de girassol. As sementes apresentaram teor de umidade de 5,5%, o melhor rendimento obtido foi com a técnica convencional de Soxhlet, seguida da ELP e a da assistida por ultrassom, com valores de 18,95; 15,89 e 14,51% (m/m) respectivamente, em 120 minutos de extração. Os óleos obtidos das sementes de girassol pelas técnicas de Soxhlet, assistida por ultrassom e ELP, mesmo não tendo demonstrado atividade antioxidante muito expressiva, apresentaram* $IC_{50}$ *de 2,11; 4,46 e 2,02 mg/mL respectivamente.*

***Palavras chaves:*** *soxhlet, extração assistida por ultrassom, extração com líquido pressurizado, cinética de extração.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os grãos de girassol (*Helianthus annuus* L.) são ricos em óleo, podendo ser utilizado na alimentação animal (ração) e humana (amêndoas tostadas e óleos), além de produtos não alimentares (biocombustíveis, emulsões, entre outros) (RABONATO et al., 2017). A semente de girassol possui cerca de 47% de matéria graxa em sua composição, sendo que 90% dos ácido graxos presentes no óleo são os ácidos linoleico e oleico, o que confere ao óleo excelentes características físico-químicas e nutricionais (CORREIA, 2009).

A utilização do óleo de girassol na alimentação, além de suprir a necessidade de ácidos graxos essenciais ao organismo, principalmente o ácido linoleico, constitui um fator importante na prevenção de algumas doenças (AGUIAR, 2001). Além da produção de óleo comestível, o óleo de girassol é também utilizado para outras finalidades como cosméticos, produção de biodiesel, fabricação de sabões, indústria de tintas em substituição do óleo de linhaça entre outros (BALBINOT et al., 2006).

A extração por Soxhlet acontece pela evaporação continua e condensação do solvente, o que evita a limitação de transferência de massa lipídica e reduz o consumo de solvente. O aparato consiste em um frasco com sistema de aquecimento com um extrator Soxhlet onde encontra-se a amostra. O solvente aquecido entra no extrator, condensa e quando atinge seu volume máximo é sifonado para o frasco onde é aquecido novamente (BAHADAR e KHAN, 2013).

O uso de ultrassom tem se destacado no preparo de amostras, sobretudo para extrações, devido a simplicidade de operação, condições de segurança ao analista, condições baixas de temperaturas e pressões, dentre outras (MONTEIRO e MUÑOZ, 2011). Outra vantagem da utilização do ultrassom é a redução do tempo de operação e do volume de solvente necessário, reduzindo possíveis danos ambientais (CARDOSO et al., 2014).

A extração com líquido pressurizado (ELP) é uma técnica que envolve a utilização de líquidos em condições de pressão e temperatura elevadas, o que melhora o desempenho da extração em comparação as técnicas à temperatura e pressão ambiente. Na configuração dinâmica o solvente é continuamente bombeado através do recipiente da amostra. No modo de extração estática, o processo consiste em um ou mais ciclos de extração com substituição do solvente em cada batelada (MUSTAFA e TURNER, 2011).

O objetivo deste estudo foi avaliar as diferentes técnicas de extração, Soxhlet, extração assistida por ultrassom e extração com líquido pressurizado, no rendimento de extração e na atividade antioxidante do óleo da semente de Girassol.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As extrações foram realizadas no laboratório de Termodinâmica e Físico-Química da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim. As amostras de semente de girassol (Figura 1) foram adquiridas no mercado local e desintegradas parcialmente em triturador doméstico. O teor de umidade foi determinado de acordo com Araújo et al. (2017) em analisador de umidade por infravermelho (Marte, ID50).

O solvente de extração utilizado neste trabalho foi o etanol, com a finalidade de diminuir custos do processo e tornar o produto menos poluente, uma vez que este solvente constitui uma alternativa ao uso do hexano, comumente utilizado na extração convencional de óleos por Soxhlet (ROSSETO et al., 2012).

Figura 1: Aspecto das sementes de Girassol após moagem.

Para a extração do óleo pelo método de Soxhlet foram adicionados em um balão de fundo chato 10 g de amostra e no aparelho extrator foram adicionados 100mL de Etanol, o equivalente a uma sifonação. O solvente foi aquecido ate entrar em ebulição para iniciar a extração que ocorreu por aproximadamente 120 minutos ou 3 sifonações. Após o termino da extração o solvente foi rota-evaporado para determinação do rendimento de óleo.

A extração assistida por ultrassom foi realizada em um banho de ultrassom (Unique, USC–1800) onde em um erlenmeyer foram adicionados 10 g de amostra e 100 mL de Etanol. O banho de ultrassom permaneceu na potencia máxima, a temperatura de 40°C por aproximadamente 120 minutos. Após a extração a mistura foi filtrada para remoção da torta de girassol e o solvente foi rota-evaporado para determinação do rendimento de óleo.

Para extração com líquido pressurizado (PLE) foram adicionados 10 g de amostra em uma célula extratora, a qual foi conectada ao aparato experimental onde o solvente era bombeado para a parte superior da célula e o óleo coletadopor uma válvula na parte inferior. Um banho de circulação manteve a temperatura constante a 40°C, a pressão de trabalho foi de 100 bar, a vazão de solvente de 2,00 mL por minuto, o tempo de extração estática foi 30 minutos, e da extração dinâmica, 120 minutos. Foi construída uma cinética de extração com os pontos de 3, 5, 10, 20, 30, 60, 90 e 120 minutos. Os frascos de coleta foram encaminhados para estufa a vácuo para evaporação do solvente e determinação do rendimento de óleo.

A atividade antioxidante dos óleos foi determinada pelo método de captura do radical livre DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl), que consiste na incubação por 30 minutos de 2 mL de diferentes concentrações (0,1 a 10 mg/mL) de óleo diluídas em etanol com 2 mL de uma solução alcóolica de DPPH 0,1mM. As amostras foram lidas em espectrofotômetro a 515 nm, onde a atividade antioxidante é obtida por análise de regressão linear e expressa em valores de $IC_{50}$ que representa a concentração necessária para inibir 50% do radical livre.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade da amostra de semente de girassol determinada por infravermelho foi de 5,5%. A Tabela 1 mostra o rendimento de óleo das sementes de girassol, extraído pelos diferentes métodos. O maior teor de óleo obtido foi utilizando a técnica convencional de Soxhlet, onde foram obtidos 18,95% da massa inicial, seguido da ELP, com 15,89% e do Ultrassom com 14,51%.

Tabela 1: Rendimento de óleo em diferentes métodos de extração.

| | Amostra inicial (g) | Rendimento de óleo (g) | Rendimento (%) |
|---|---|---|---|
| Soxhlet | 10 | 1,895 | 18,95 |
| Ultrassom | 10 | 1,451 | 14,51 |
| ELP | 10 | 1,589 | 15,89 |

A Figura 2 mostra a cinética de ELP do óleo de semente de girassol, onde é possível observar uma maior taxa de extração com tendência linear até o tempo de 60 minutos, com um leve decréscimo nos tempos seguintes. A técnica de extração com líquido pressurizado apresentou um bom rendimento dentro da faixa de tempo estudada.

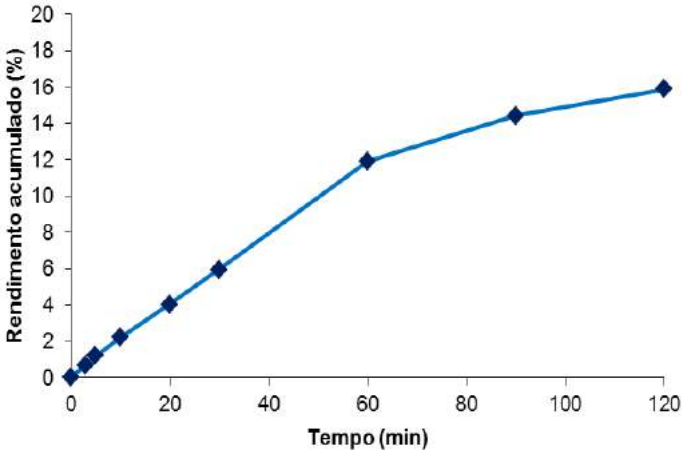



Figura 2: Cinética de ELP de óleo de sementes de girassol.

A Figura 3 apresenta o gráfico de redução do radical livre DPPH nas concentrações de óleos obtidos pelos diferentes métodos de extração, enquanto a Tabela 2 apresenta as equações de regressão linear utilizadas para calcular a atividade antioxidante dos óleos, expressas também nesta tabela como $IC_{50}$ (mg/mL). A melhor atividade antioxidante foi obtida quando o óleo da semente de girassol foi extraído pela técnica de ELP, com $IC_{50}$ de 2,02 mg/mL, seguido da técnica de Soxhlet e Ultrassom com 2,11 e 4,46 mg/mL respectivamente.

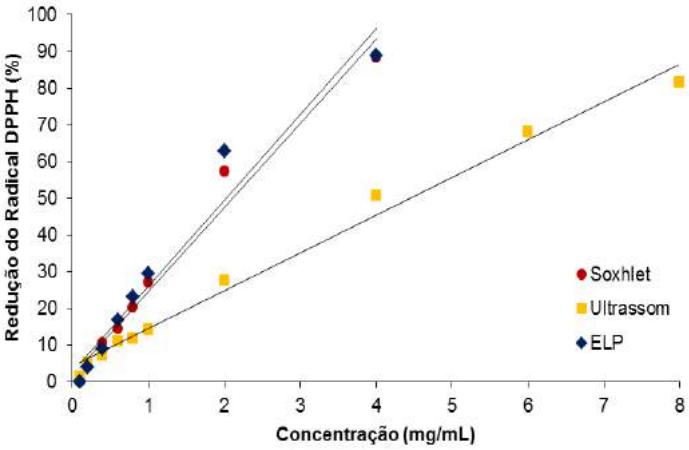



Figura 3: Regressão linear para calculo do $IC_{50}$ dos óleos de girassol.

A diferença de rendimento de extração e atividade antioxidante na técnica de ultrassom, comparado às outras técnicas deste estudo, pode ter ocorrido pela saturação do solvente durante a extração. Nesta técnica o solvente fica em contato direto com a amostra e os mecanismos de transferência de massa ocorre superficialmente, enquanto nas outras duas técnicas, o solvente é renovado a cada volta na extração por soxhlet, e na ELP o fluxo é contínuo. Possíveis erros experimentais relacionados a calibração de equipamentos, bem como de operação podem ter ocorrido. Não foi realizado um tratamento estatístico dos dados para verificar diferenças significativas.

Tabela 2: Equações das retas utilizadas para determinação da atividade antioxidante dos óleos.

| **Extração** | **Equação da Reta** | **$R^2$** | **$IC_{50}$ (mg/mL)** |
|---|---|---|---|
| Soxhlet | y=22,951x + 1,6153 | 0,977 | 2,11 |
| Ultrassom | y=10,287x + 4,0646 | 0,988 | 4,46 |
| ELP | y=23,412x + 2,609 | 0,957 | 2,02 |

Mesmo não sendo valores de $IC_{50}$ expressivos, as atividades antioxidantes contribuem para a estabilidade oxidativa dos óleos e são atribuídas a alguns compostos fitoquímicos presentes nas sementes do girassol, incluindo tocoferóis, colina, betaína, lignina, arginina e ácidos fenólicos (GIADA, 2006), que são extraídos juntamente com o óleo, dependendo da afinidade do composto com o solvente utilizado na extração. O etanol constitui uma alternativa na extração, pois alguns ácidos graxos são solúveis em álcool, além disso, este solvente diminui os custos do processo, torna o produto menos poluente (ROSSETO et al., 2012).

Todas as técnicas utilizadas apresentaram atividade antioxidante e rendimentos semelhantes dentro da faixa de tempo estudada (até 120 minutos), o que sugere um estudo em um período maior de extração com a finalidade de verificar o comportamento ao utilizar de temperaturas mais amenas.

## 4. CONCLUSÃO

Os métodos de extração assistidos por ultrassom e extração com líquido pressurizada mostraram-se semelhantes e próximas a técnica convencional de Soxhlet na extração de óleo de semente de girassol em termos de rendimento mássico e atividade antioxidante. A extração por Soxhlet apresentou rendimento de 18,95% sendo este o melhor valor, enquanto a técnica de ELP apresentou a melhor atividade antioxidante com $IC_{50}$ de 2,02 mg/mL.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus de Erechim pela infraestrutura necessária para realização deste estudo.

## 6. REFERENCIAS

Aguiar, R.H., 2001. *Avaliação de girassol durante o armazenamento, para uso como semente ou para extração de óleo.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.

Araújo, C.S. er al., 2017. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. *Braz. J. Food Technol.*, Campinas, Vol. 20, e. 2016152.

Balbinot, N.S. et al., 2006. Aproveitamento dos resíduos da produção de oleaginosas e da extração de óleos. *Montevideo: AIDIS*.

Baradar, A. e Khan, M.B., 2013. Progress in energy from microalgae: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 27, n. 1, p. 128-148.

Cardoso, W.A. et al., 2014. Comparação entre métodos de extração de óleo de microalgas. *Iniciação Científica*, Vol. 12, n. 1.

Correia, I.M.S., 2009. *Extração e pirólise do óleo de girassol (Helianthus annus L.) visando a produção de biocombustíveis.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN.

Giada, M. L. R., 2006. *Avaliação da capacidade antioxidante dos compostos fenólicos do cotilédone da semente de girassol (Helianthus annuus L.) rajada.* Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Faculdade de ciências farmacêuticas, São Paulo.

Mustafa, A. e Turner, C., 2011. Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: a review. *Analytica Chimica Acta*, Vol. 703, n. 1, p. 8-18.

Monteiro, M.A.N.A. e Muñoz, R. A. A., 2011. Método voltamétrico para determinação de cobre em biodiesel após extração em banho de ultrassom. *Horizonte Científico*, Vol. 5, n. 1.

Rabonato, L.C. et al., 2017. Obtenção de óleo, farinha, e biodiesel etílico a partir da prensagem a frio de amêndoas de girassol. *Energ. Agric.*, Vol. 32, n. 3, p. 309-316.

Rosseto, R. E., 2012. Efeito da secagem na extração de óleos em plantas com potencial energético. *Acta Iguazu*, Cascave, Vol. 1, n. 1, p. 69-77.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE DIFERENTES MARCAS DE FARINHA DE MANDIOCA

**Camila Carla Kriguer**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
kamylack@hotmail.com
**Elton Luis Hillesheim**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
hillesheim796@gmail.com
**Janaine Lais Zanette**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
janaine_znt@hotmail.com
**Raquel Vera Zamadei**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
raquel-zamadei@hotmail.com
**Juliana Steffens**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
julisteffens@uricer.edu.br

***Resumo:*** *A farinha de mandioca é um produto obtido das raízes de mandiocas sadias que logo após a colheita são submetidas a procedimentos de limpeza, descascamento, moagem, prensagem, desembragem e peneiramento. O objetivo deste trabalho foi identificar a granulometria de três amostras de farinha de mandioca obtidas no comércio de Erechim –RS, identificadas como A, B e C. As amostras foram submetidas a peneiramento sob agitação manual utilizando peneiras Tyler de mesh 9, 20, 32, 35, 42, 60, 80, 115, 270. A quantida retida em cada peneira foi pesada e efetuada a distribuição granulométrica das amostras onde os resultados obtidos revelaram semelhanças nas amostras.*

***Palavras chave:*** *farinha de mandioca, granulométrica, mesh.*

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (Manihot esculenta Crantz) é plantada em aproximadamente 100 países, sendo que, em 2010, o Brasil foi o segundo maior produtor, com volume superior a 24,5 milhões de toneladas, sendo superado pela Nigéria, que produz mais de 42,5 milhões de toneladas (FAO, 2013). Em 2011 a área plantada com mandioca no Brasil foi de 1,7 milhões de hectares, com produtividade média de 14,9 toneladas por hectare, estando à região Norte com maior participação na produção brasileira, de 29,97% (IBGE, 2013).

De acordo com a Legislação Brasileira, farinha é o produto obtido da moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer processos tecnológicos adequados, devendo o produto ser denominado de farinha seguido do nome do vegetal de origem. A farinha de mandioca é o produto obtido pela ligeira torração da raladura das raízes de mandioca previamente descascadas, lavadas e isentas do radical cianeto. O produto submetido à nova torração é denominado farinha de mandioca torrada. Já a farinha de tapioca pode ser definida como um produto obtido sob a forma granulada a partir da fécula de mandioca e submetido a processo tecnológico adequado. As fases de fabricação da farinha de tapioca são o esfarelamento, encaroçamento, escaldamento, expansão (chamada localmente de espocagem), classificação e embalagem (BRASIL, 1978).

Um dos aspectos importantes na qualidade da farinha de mandioca é a sua padronização, por tamanho de partículas. As maiores diferenças observadas nas granulométricas das farinhas de mandioca podem ser atribuídas, sobretudo, aos pequenos produtores, que adotam maneiras peculiares de processar o produto (DIAS e LEONEL, 2006).

Os produtos de mandioca podem ser molhados ou secos. Os produtos moídos a secos da mandioca são normalmente referidos como farinhas. Para obter produtos farinhos, tubérculos de raiz de mandioca recém descascados são submetidos a operações de moagem, entre outros, manual ou mecanicamente. Após esta operação, os produtos obtidos são peneirados para obter o produto farinháceo. A finura do produto moído mecânico é controlada pelos furos na tela de acordo com a granulométrica (ADESINA, 2013).

De acordo com o MAPA (BRASIL, 1995), na farinha de mandioca seca, segundo a sua granulométrica, será ordenada em 6 (seis) subgrupos: Farinha extra fina: quando a farinha de mandioca vazar 100% na peneira nº 10 e ficar retida no máximo 15% na peneira nº 18, e apresentar mais de 3% a 25% de pó; Estudo do Processo de Fabricação da Farinha de Mandioca 25 Farinha fina beneficiada: quando a farinha de mandioca vazar 100% na peneira nº 10, e ficar retida no máximo 3% na peneira nº 18 e apresentar no máximo 3% de pó; Farinha fina: quando a farinha de mandioca vazar 100% na peneira nº 10 e ficar retida mais de 3% e até 20% na peneira nº 18, e apresentar no máximo 3% de pó; Farinha média: quando a farinha de mandioca não se enquadrar em nenhum dos subgrupos anteriores e apresentar, no máximo, 3% de pó; Farinha grossa: quando a farinha de mandioca ficar retida em mais de 10% na peneira nº 10 e apresentar, no máximo, 3% de pó e Farinha bijusada: quando a farinha de mandioca ficar retida em mais de 15% na peneira nº 10, e apresentar, no máximo, 2% de pó.

A farinha de mandioca branca pertence a grupo de farinhas secas, segunda a Legislação Brasileira está é um produto obtido das raízes de mandioca sadias, devidamente limpas, descascadas, trituradas (moídas), prensadas, desbrembadas, peneiradas, secas à temperatura moderada ou alta e novamente peneirada ou não, podendo ainda ser beneficiada. Além de pertence à classe fina que apresenta retenção de no máximo 30% na peneira n° 10. E também classificada de acordo com a sua coloração, sendo está farinha branca que é a farinha de cor branca, natural da própria raiz (BRASIL, 1995).

A farinha de mandioca torrada pertence a grupo de farinhas secas e de subgrupo fina e classe amarela, segundo a Legislação Brasileira, sendo a farinha de mandioca seca um produto obtido das raízes de mandioca sadias, devidamente limpas, descascadas, trituradas (moídas), prensadas, desbrembadas, peneiradas, secas à temperatura moderada ou alta e novamente peneirada ou não, podendo ainda ser beneficiada. Subgrupo fina, isto segundo a granulométrica, quando a farinha de mandioca vazar 100% na peneira n° 10, e ficar retida mais de 3% e até 20% na peneira n° 18, e apresentar no máximo 3% de pó. Classe, leva em consideração a coloração, a farinha amarela é aquela de cor amarela, natural da própria raiz, ou decorrente da tecnologia de fabricação (torração).

Neste sentido O objetivo deste trabalho foi determinar o diâmetro médio, a massa retida em diferentes peneiras e sua análise granulométrica correspondente a três amostras de farinha de mandioca.

## 2. METODOLOGIA

Foram analisadas três amostras de farinha de mandioca de diferentes marcas, sendo duas do tipo branca e uma do tipo torrada, obtidas no comércio da cidade de Erechim-RS, sendo identificadas como A, B e C. A determinação da granulométrica foi realizada utilizando peneiras padronizadas submetidas à agitação manual, conforme apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Série de peneiras de Tyler.

| Peneira (mesh) | 9 | 20 | 32 | 35 | 42 | 60 | 80 | 115 | 270 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diâmetro (μm) | 2000 | 850 | 500 | 425 | 355 | 250 | 180 | 125 | 53 |

A massa retida em cada peneira foi coletada e pesada em balança analítica, previamente calibrada e limpa, sem possíveis interferentes.

Os valores do diâmetro médio das partículas foram obtidos através da Equação 1, equação de Sauter:

$$\text{Eq (1)}: Dps = \frac{1}{\Sigma_{i=1}^{n}(\frac{xi}{Di})}$$

Onde:

- Dps é o diâmetro médio das partículas de Sauter;
- xi é a fração que ficou retida no mesh;
- Di é o diâmetro equivalente ao mesh.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os percentuais de massa retida no peneiramento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Percentual de massa retida em cada peneira para as amostras de farinha de mandioca

| Diâmetro (µm) | Massa retida (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Amostra A | Amostra B | Amostra C |
| 2000 | 0,013 | 0 | 0,040 |
| 850 | 7,842 | 12,121 | 14,270 |
| 500 | 30,388 | 24,242 | 25,730 |
| 425 | 18,625 | 15,151 | 16,182 |
| 355 | 8,822 | 5,050 | 5,711 |
| 250 | 20,585 | 21,212 | 19,984 |
| 180 | 6,862 | 10,101 | 8,567 |
| 125 | 3,921 | 7,070 | 5,711 |
| 53 | 1,960 | 4,040 | 2,855 |

Observa-se que na amostra B não houve retenção na peneira 9, as demais amostras apresentaram massa retida em todas as peneiras. Também é possível verificar que entre as amostras existe uma diferença no percentual de massa retida, isso se deve a série de peneiras usadas neste trabalho, pois há uma variação grande entre os meshs utilizados, para se obter uma melhor distribuição de massa e uma maior certeza granulométrica seria necessária a utilização de uma maior quantidade de peneiras com meshs mais próximos, porém no trabalho apresentado não conseguimos realizar por falta de material. .

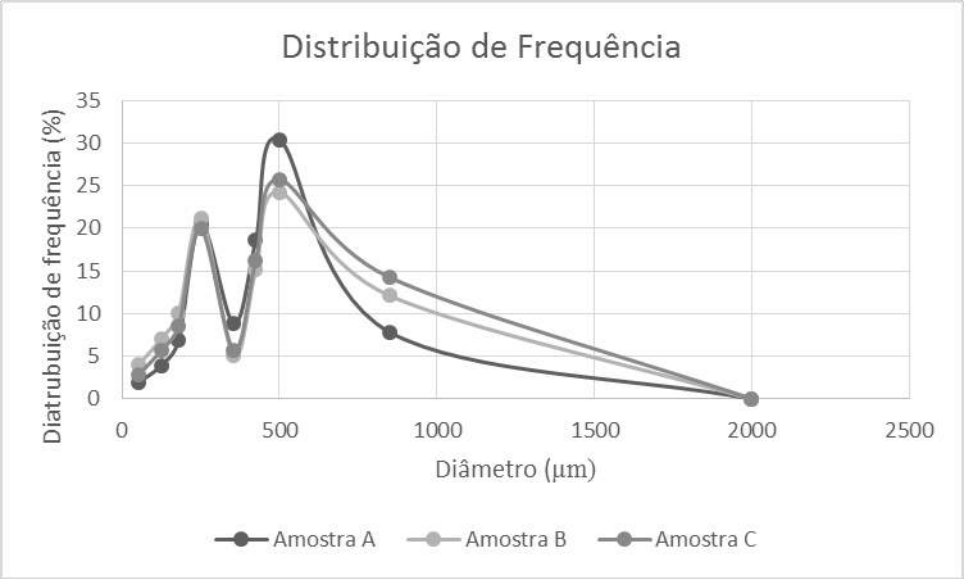



Figura 1. Distribuição de frequência em relação ao diâmetro das particulas de farinha de mandioca para as amostras A, B, C.

Verifica-se que todas as amostras apresentaram um comportamento semelhante quanto á quantidade de particulas retidas em cada mesh. Os maiores percentuais, de acordo com a Figura 1, estão mais próximos aos diâmetros de 180 µm, 355 µm, 462,5 µm e 700µm. Os diâmetros médio de Sauter para as partículas foram os seguintes: Amostra A: 242,1µm Amostra B: 191,3µm Amostra C: 218,4 µm. Isto indica que podem ter sido usados métodos diferentes de moagem, ou diferentes proporções de misturas.

Na Figura 2 apresenta-se a distribuição acumulativa em relação ao diâmetro das partículas de farinha de mandioca.

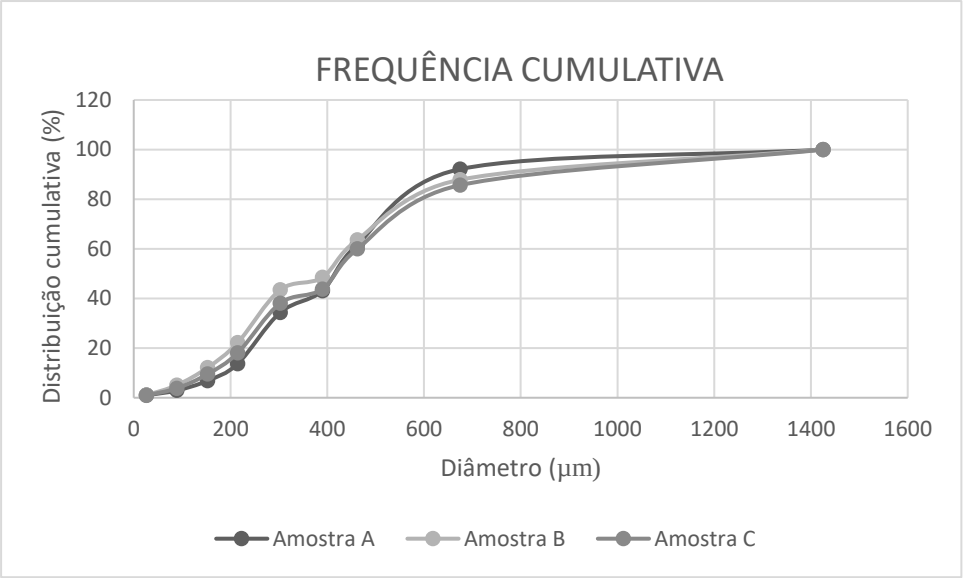



Figura 2. Gráfico de distribuição cumulativa em relação ao diâmetro das partículas de farinha de mandioca, para as amostras A, B, C.

A análise de distribuição cumulativa, representada na Figura 2, mostra o percentual de massa que passou através de cada peneira, onde se verifica um comportamento semelhante entre as amostras, onde 50% das partículas ficaram retidas nas peneiras menores que 400 µm, confirmando a influência das partículas de menor tamanho sobre o diâmetro médio das partículas.

## 4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir com este trabalho que as amostras de farinhas analisadas apresentaram distribuição granulométrica e cumulativa de formas semelhantes e que independe de ser branca ou torrada.

## 5. AGRADECIMENTOS

À URI

## 6. REFERÊNCIAS

ADESINA, B.S. BOLAJI, O.T. Effect of Milling Machines and Sieve Sizes on Cooked Cassava Flour Quality. **Nigerian Food Journal**, V.31, n°1, 2013.

DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 692-700, 2006.

FAO. **Food Outlook: global information and early warning system on food and agriculture**. Rome, p.28 – 32, Disponível em <http://www.fao.org/docrep/016/al993e/al993e00.pdf > Acesso em: 14 maio 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 maio 2018.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 554, de 30 de agosto de 1995. Norma de identidade, qualidade, apresentação, embalagem, armazenamento e transporte da farinha de mandioca. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 set. 1995.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CINÉTICA DE UMIDADE EM BASE SECA DA CASCA E POLPA DE GUABIJU DURANTE SECAGEM EM ESTUFA

**Caroline Chies Polina**
**Vanessa Barbieri Bombana**
**Andressa Franco Denti**
**Diane Rigo**
**Carolina Elisa Demaman Oro**
**Tiago dos Santos Gonçalves**
**Geciane Toniazzo Backes**
**Rogério Luis Cansian**
Engenharia de Alimentos e Engenharia Química - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil. caroline.polina@outlook.com, vanessabbombana@yahoo.com.br, andressa.franco98@hotmail.com, dianerigo@hotmail.com, carolinae.oro@hotmail.com, tiago.santos@ifc.edu.br, gtoniazzo@uricer.edu.br, cansian@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A cinética de secagem é o acompanhamento da variação do teor de água em relação ao tempo. Este procedimento, ao ser modelado, propicia que se avalie o processo em relação ao uso energético e ao estudo das transferências de calor e massa. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a curva de perda de umidade da casca e polpa de guabiju (em base seca) durante a secagem em estufa. A metodologia utilizada foi a cinética de desidratação normal, em uma estufa a 80°C. Os resultados indicam uma maior e mais rápida perda de umidade na polpa em relação à casca, devido ao alto percentual de água na mesma.*

***Palavras-chave:*** *secagem, guabiju, cinética, umidade, base seca.*

## 1. INTRODUÇÃO

O guabiju (*Myrcianthes pungens* O.Berg D. Legrand) é um fruto nativo do Rio Grande do Sul, com ocorrência desde São Paulo até a Região Sul do país, incluindo países vizinhos. O fruto possui polpa amarelada de sabor doce, com uma a duas sementes, casca grossa e aveludada de coloração roxa, a árvore mede cerca de 20 metros e a frutificação ocorre de janeiro a fevereiro (Detoni, 2015). Devido ao curto período de frutificação do guabiju, faz-se necessário buscar meios de conservação para este fruto, a desidratação é uma técnica que busca preservar o alimento pela remoção da umidade por evaporação, fazendo com que o mesmo esteja disponível o ano todo, independente da safra do fruto (Meloni, 2003).

A secagem pode ser definida como a eliminação da água do material através da evaporação. Existem dois tipos de secagem para alimentos: a natural, feita pelo sol ou vento; e a artificial, a qual necessita de fornecimento de energia artificial (Park, Yado e Brod, 2001).

De maneira geral, a secagem é uma operação na qual calor é fornecido a um dado material que contém água, a fim de se vaporizar certo conteúdo de água deste material, obtendo-se um produto sólido seco. Portanto, trata-se de um processo com transporte simultâneo de calor e massa, acompanhado de mudança de fase (Barbanti, Mastrocola e Pizzarani, 1995). A cinética de secagem é controlada pelas características da matriz do alimento e pelas variáveis de temperatura, velocidade e umidade relativa do ar (Singh e Heldman, 2009).

Os níveis de alteração da qualidade durante o processo de secagem de alimentos são fortemente dependentes da temperatura, do tempo e do conteúdo de umidade. A cinética de secagem fornece o histórico desses três fatores, sendo uma importante informação para o design de secadores e para o processamento, minimizando os efeitos adversos da qualidade do produto final (Ade-Omowaye *et al.*, 2003).

Diante do exposto, o presente trabalho se propôs a avaliar a curva de umidade da casca e polpa de guabiju (em base seca) durante a secagem em estufa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Colheita e armazenamento dos frutos

Os frutos do guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand) foram colhidos no período de janeiro e fevereiro de 2018, nas coordenadas latitude: 27º 56' 12" S e longitude: 52º 25' 35" W. Uma amostra de galho com folhas e frutos foi incorporado no Herbário Pe. Balduíno Rambo (HPBR), na URI- Erechim, sob o número de registro de exsicata 12156.

Imediatamente após a colheita, os frutos foram selecionados de forma manual e lavados em água potável corrente. Logo após, foram imersos em solução de NaClO a 200 ppm durante 15 minutos. Decorrido este período, os frutos lavados novamente e secos com auxílio de papel toalha. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno, e identificados com peso e data de colheita, e por fim, foram submetidos ao congelamento à – 20 ºC até o início das análises.

### 2.2 Secagem do guabiju

A desidratação da casca e polpa do guabiju, foi realizada em estufa com circulação de ar (Marca Marconi, modelo MA 037, Brasil). As amostras foram dispostas separadamente em papel alumínio e levadas à estufa a 80°C, sendo que a secagem da casca e da polpa foram realizadas individualmente.

A cinética de secagem da casca foi acompanhada, através da perda de massa em relação ao tempo, pesando-se o material a intervalos regulares de 15 min até massa constante, em balança analítica (Toledo, modelo 9094-1), com 0,005g de precisão. Cada amostra continha aproximadamente 5 g. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

O cálculo para a quantidade de sólidos (% de base seca) é apresentado na Equação 1.

$$U(\%\,b.s.) = 100 - \left(\frac{massa\ inicial - (massa\ inicial - massa final)}{massa\ incial} x100\right) \quad (1)$$

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados experimentais, construiu-se a curva de umidade, em base seca, da casca e polpa do guabiju e os dados são apresentados na Figura 1. Observa-se que os valores se encontram em concordância e seguem o mesmo padrão de secagem. Contudo, é possível notar que a casca apresentou um menor valor final de base seca, o que era esperado, visto que a polpa apresenta um elevado teor de açúcar.

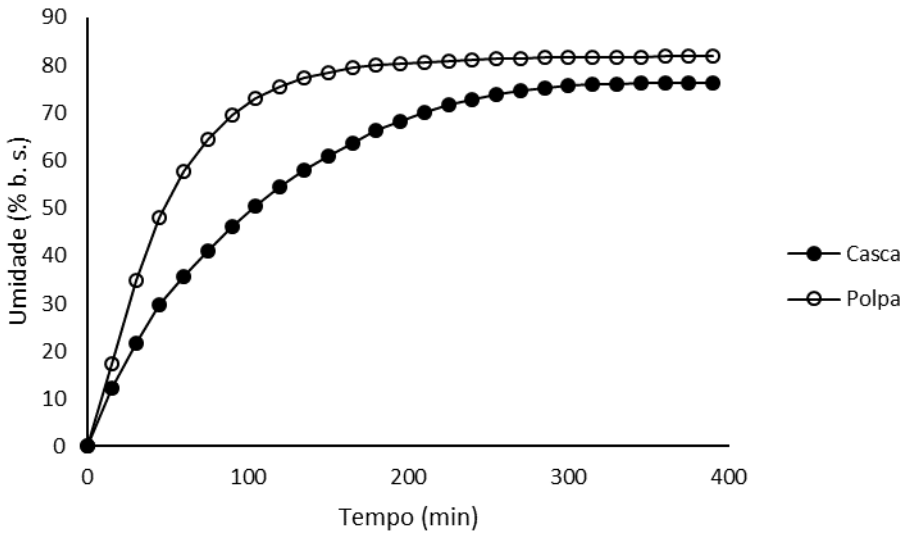



Figura 1. Cinética de umidade da casca e polpa de guabiju (em base seca) durante secagem em estufa.

Ao analisar a Figura 1, verificou-se a redução na umidade das amostras. Na polpa a perda de água chegou a 73,05% com aproximadamente 100 minutos de secagem a 80°C e estabilizando logo em seguida aos 165 minutos apresentando 79,36% de umidade em base seca. A casca demorou 210 minutos para atingir o equivalente a 70,02% de perda de

umidade (pela evaporação da água), para logo em seguida estabilizar. Os resultados apresentam a redução do conteúdo de água livre de um alimento, fato esperado, já que o objetivo da secagem é a redução do teor de água de um produto (Bobbio; Bobbio, 2001).

É possível observar também que a polpa apresentou uma perda de água maior em relação a casca, o que era esperado, visto que a polpa apresenta um elevado teor umidade. A temperatura é a variável de maior influência no processo (Almeida et al. 2006). Verificou-se que a perda do conteúdo de umidade é mais lenta no início do processo de secagem, cuja estabilização ocorre num período de tempo de, aproximadamente 200 minutos.

Resultado similar à perda do conteúdo de umidade mais rápida no início do processo de secagem também foi verificado por Gouveia *et al.* (2003), sendo também observada uma maior taxa de secagem quanto mais elevada é a temperatura de secagem em velocidades de ar equivalentes a 1,0 m/s e 1,5 m/s.

## 4. CONCLUSÃO

Foi possível concluir ao final das secagens e da análise da cinética que a polpa apresentou um maior teor de base seca, de (aproximadamente 80%, em relação a casca, em que a perda foi de aproximadamente 74%).

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

Ade-Omowaye, B. I. O.; Rastogi, N. K.; Angersbach, A.; Knorr, D. 2003. Combined effects of pulsed electric field pre-treatment and partial osmotic dehydration on air drying behaviour of red bell pepper. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v. 60, n. 1, p. 89-98.

Almeida, F. de A. C.; Gouveia, J.P.G. de.; Almeida, F. de A.C.; Silva, F.L.H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola.Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6, n.1, p.145–151, 2006**.**

Barbanti, D.; Mastrocola, D.; Pizzarani, S. 1995. Air drying of plums influence of some process parameters on the specific drying kinetics. Sciences dês Aliments, Paris, v. 15, p. 19-29.

Bobbio, P.A.; Bobbio, F.O. Química do Processamento de Alimentos. 3ª ed. São Paulo: Editora Varela. 2001. 143p.

Detoni, E. 2015. *Caracterização físico-química do Guabiju (Myrcianthes pungens) e métodos de conservação pós colheita.* Monografia de especialização. Francisco Beltrão.

Gouveia, J.P.G., Almeida, F.A.C., Farias, E.S., Silva, M.M., Chaves, M.C.V., Reis, L.S. 2003. Determinação das curvas de secagem em frutos de cajá. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Especial. 1:65-68.

Meloni, P. L. S. *Desidratação de frutas e hortaliças*. 2003. 87 f. Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria – Frutal. Fortaleza/Ceará.

Park, K. J.; Yado, M. K. M.; Brod, F. P. R. 2001. Estudo de secagem de pêra Bartlett (Pyrus sp.) em fatias. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 21, n. 3, p. 288-292.

Singh, R. P.; Heldman, D. R. 2009. Introduction to Food Engineering. ed. 4. Elsevier.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DE CHÁ VERDE EM FILME COMESTÍVEL DE GELATINA

**Daniele Hamann**
**Bruna Maria Saorin Puton**
**Julia Lisboa Bernardi**
**Geciane Toniazzo Backes**
**Rogério Luis Cansian**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
danielehamann@gmail.com
brunnaputon@hotmail.com
julialisboabernardi@yahoo.com
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade antioxidante do extrato de chá verde presente no filme polimérico de gelatina. Os filmes de gelatina e glicerol foram elaborados com diferentes concentrações de extrato de chá verde e deixados em contato com etanol por 24 h ao abrigo da luz sob agitação por 200 rpm para a extração dos compostos bioativos do chá verde. Após realizou-se a atividade antioxidante fundamentada na medida da extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm. O extrato chá verde apresentou um baixo valor de* $IC_{50}$ *de 0,013 mg/mL, podendo ser considerado um potencial agente antioxidante. Em relação a liberação do extrato pelo filme comestível após a etapa de extração, verificou-se que a liberação aumentou com o aumento da concentração de chá verde, considerando-se a concentração de 1% como a melhor para estudos futuros que visam a aplicação de filmes comestíveis bioativos de gelatina em produtos cárneos.*

***Palavras-chaves:*** *Atividade antioxidante,* Camellia sinensis, *embalagens ativas.*

## 1. INTRODUÇÃO

As bio-substâncias naturais, como os extratos vegetais, são utilizadas há muito tempo como fitoterápicos. Atualmente, uma variedade de produtos químicos foi desenvolvida para analisar e caracterizar fitoquímicos, portanto, pesquisas sobre extratos naturais com atividades biológicas, como propriedades antimicrobianas, antioxidantes, antienvelhecimento e anti-inflamatórias são extensivamente realizadas (Kim *et al.*, 2016).

Óleos essenciais de plantas (EOs) e extratos são percebidos como fontes potenciais de antimicrobianos naturais. As plantas têm sido tradicionalmente usadas em alimentos como agentes aromatizantes e/ou de preservação, como medicamentos populares para curar de doenças (Yuan *et al.*, 2017). O chá verde (da planta *Camellia sinensis*), é uma das bebidas mais populares em todo o mundo, pois apresenta efeito sobre muitas doenças (Rashidi *et al.*, 2017).

O extrato de chá verde adicionado a uma matriz de amido, pode melhorar as propriedades mecânicas dos filmes, propriedades de barreira ao vapor de água e atividade antioxidante (Jaramillo *et al.*, 2017), caracterizando assim uma embalagem ativa, capaz, não só de proteger, mas de interagir com o produto.

As embalagens ativas são desenvolvidas para interagir de forma desejável com o produto, mudando as condições de acondicionamento para aumentar a vida de prateleira e melhorar a sua segurança ou as suas propriedades sensoriais. Os filmes que recebem aditivos e estão em contato com a superfície do produto liberam, de forma controlada, o composto para a superfície do alimento, onde a maioria das reações químicas e microbiológicas ocorrem (Soares *et al.*, 2006). Estratégias tecnológicas envolvem a aplicação de antioxidantes diretamente nos produtos cárneos, na carne ou no revestimento de materiais de embalagem com extratos de plantas para melhorar a estabilidade oxidativa dos produtos (Falowo *et al.*, 2014).

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade antioxidante do extrato de chá verde presente no filme polimérico de gelatina.

## 2. MATERIAL E METODOS

### 2.1 Avaliação da migração do extrato de chá verde do filme *in vitro*

Para avaliar a atividade antioxidante do extrato de chá verde presente no biofilme polimérico de gelatina, primeiramente elaborou-se a formulação do filme comestível de gelatina, a partir de 1,87 g de gelatina (Synth ®) dissolvida em 12,5 mL de água destilada a 90 ºC e agitada até dissolução. Esta solução foi resfriada até a temperatura de 40 ºC para a adição de 3,75 g de glicerol (96%, Nuclear) homogeneizado com as diferentes concentrações de extrato (0,5; 0,75; 1,0; 2,5 e 5% (v/v)). A solução foi submetida novamente à agitação até completa dissolução. Esta metodologia foi baseada em Mesquita (2015), com modificações. Manteve-se uma solução filmogênica (SF) sem a adição de extrato, a qual foi denominada de controle. Posteriormente toda a SF foi vertida em placa de Petri, previamente higienizadas com álcool 70%, objetivando a formação de filmes com espessura homogênea, sendo submetidas à secagem em condições ambientais, por 15 minutos para garantir a completa solidificação do filme.

Passado este período, os biofilmes, contendo o extrato de chá verde (18,12 g), foram retirados das placas e colocados, cortados em 4 partes, sendo estas colocadas em um tubo de ensaio contendo 10 mL de etanol absoluto (Êxodo) para a extração. Este tubo de ensaio ficou sob agitação e 220 rpm por 24 h. A solução resultante da extração (etanol + extrato de chá verde) foi submetida a atividade antioxidante.

### 2.2 Metodologia Analítica

A metodologia para avaliação da atividade antioxidante dos biofilmes, baseada na medida da extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm, por método espectrofotométrico de acordo com Siripatrawan e Harte (2010), com algumas modificações. A técnica constituiu na incubação, 10 a 30 minutos, de 500 µL de uma solução etanólica de DPPH (Sigma-Aldrich) 0,1 mM com 500µL de soluções contendo concentrações crescentes de amostra em álcool etílico (99,5%, Êxodo). A solução controle foi obtida com 500 µL da solução de DPPH e 500 µL de álcool etílico. Para a solução denominada “branco” foi utilizado somente álcool etílico. A atividade de captura de radicais pelas amostras foi expressa como percentual de inibição de DPPH e calculada a partir da Eq. 1.

$$AA\% = 100 - \{[(Abs.\ controle - Abs.amostra) \times 100] \div Abs.\ controle\} \quad (1)$$

Após a avaliação da faixa de concentração ideal, calculou-se a concentração de amostra necessária para capturar 50% do radical livre DPPH ($IC_{50}$) por análise de regressão linear (Carbonari, 2005).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Avaliação da atividade antioxidante do extrato de chá verde do filme *in vitro*

A Figura 1 apresenta a curva de calibração da atividade antioxidante do extrato de chá verde.

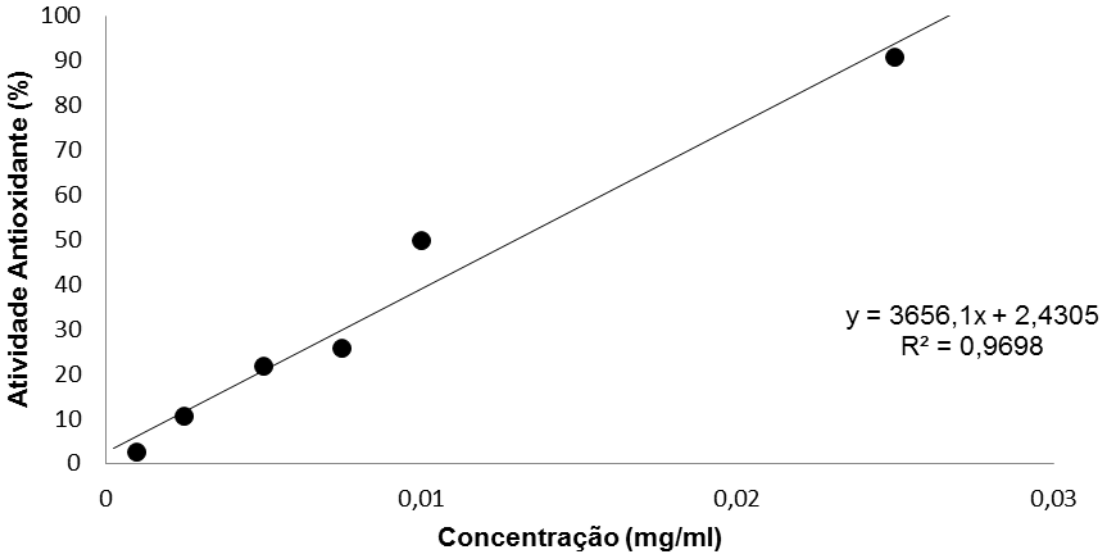



**Figura 1** - Curva de calibração da atividade antioxidante do extrato de chá verde.

A correlação entre a atividade antioxidante (%) e a concentração de extrato de chá verde (y = 3656,1x + 2,4305) com $R^2$ = 0,9698, forneceu um $IC_{50}$ de 0,013 mg/mL. O valor de $IC_{50}$ é definido como a capacidade do agente antioxidante de sequestrar 50% dos radicais livres DPPH presente na solução, portanto quanto menor o valor de $IC_{50}$ maior a atividade antioxidante do extrato (Arbos *et al*., 2013).

A Figura 2 apresenta a relação entre o valor de $IC_{50}$ e a concentração de extrato de chá verde adicionada no filme de gelatina, que variou de 0,5 a 5% (v/v)).

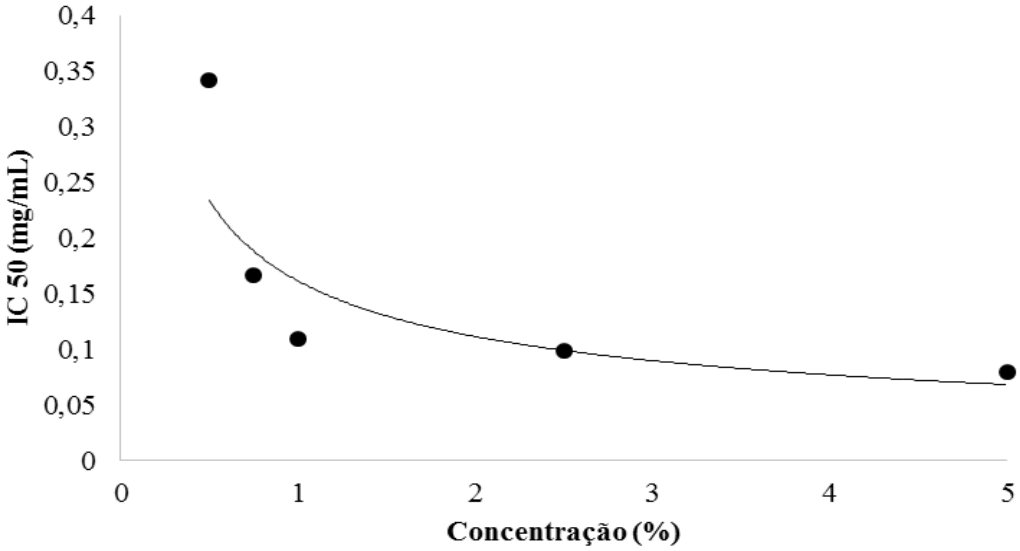



**Figura 2** – Relação entre o valor de $IC_{50}$ e a concentração de extrato de chá verde.

Conforme a Figura 2 observa-se que aumentando a concentração de extrato no filme de 0,25 a 1% a atividade antioxidante aumentou proporcionalmente, estudos anteriores demonstraram que houve correlação linear entre o conteúdo fenólico de óleos essenciais e extratos e suas atividades antioxidantes (Shahbazi *et al.*, 2017). Entretanto, após a concentração de 1% os valores de $IC_{50}$ mantiveram-se praticamente constantes, este dado pode ajudar em relação a concentração ideal para ação antioxidante liberada pelo filme e para as características do filme, pois a adição do extrato de chá verde em altas concentrações altera cor e aparência do filme.

O chá verde apresentou uma boa capacidade antioxidante (Figura 1), com um valor de $IC_{50}$ de 0,013 mg/mL, já filme apresentou um $IC_{50}$ entre 0,342 a 0,079 mg/mL para 0,5 e 5% de extrato, respectivamente, assim pode-se verificar que a atividade antioxidante do filme é menor que a do extrato puro, isso deve-se aos processos e interações entre o extrato e o filme, que influenciam na capacidade de liberação do composto pelo filme.

Devido à complexidade do alimento, Santos *et al*. (2017), verificaram que o efeito *in vitro* do EO não é reproduzido quando aplicado aos alimentos nas mesmas condições, ou seja, o EO torna-se menos eficaz, porém segundo os autores uma vez incorporados na embalagem do alimento, os compostos ativos podem ser liberados de forma controlada para manter ou melhorar as propriedades organolépticas, a qualidade e a integridade microbiológica dos alimentos. Em relação ao extrato de chá verde, diversos autores citam a eficiência da utilização desse extrato na diminuição da oxidação lipídica em alimentos cárneos (Jo *et al*., 2003; Bañón *et al*., 2007; Kang *et al*., 2007; Lorenzo *et al*., 2014; Kristam *et al*., 2016).

O antioxidante é um agente que atua como sequestrador de radical livres, doando hidrogênios para neutralizá-los, o chá verde apresentou uma excelente atividade antioxidante contra o radical livre DPPH, comparada aos antioxidantes por excelência como o ácido ascórbico ($IC_{50}$ = 0,002 mg/mL) e o BHT ($IC_{50}$ = 0,005 mg/mL) (Cansian *et al.*, 2008), portanto, o chá verde pode ser um potencial antioxidante natural a ser incorporado em filmes de gelatina (Nilsuwan *et al.*, 2018).

## 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS, URI e Aurora Alimentos pelo apoio financeiro.

## 5. REFERÊNCIAS

Arbos, K.A., Stevani, P.C. e Castanha, R.F., 2013.“Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga”. *Revista Ceres*, v. 60, no. 2, p. 161-165.

Bañón, S. et al., 2007. "Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties". *Meat Science*, v. 77, p. 626-633.

Cansian, R.L. et al., 2008. "Genetic conservation and medicinal properties of mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.)". *Pharmacognosy Reviews*, v. 2, n. 4, p. 326-338.

Carbonari, K.A., 2005. "Avaliação do Potencial Antioxidante (*In vitro* e *In vivo*) e Anti-inflamatório de *Ouratea parviflora, Polymnia sonchifolia* e *Marlierea obscura"*. 127 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Jaramillo, C.M. et al., 2017. "Active and smart biodegradable packaging based on starch and natural extracts". *Carbohydrate Polymers*, v. 176, p. 187-194.

Jo, C. et al., 2003. "Functional properties of raw and cooked pork patties with added irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4 ºC". *Meat Science*, v. 64, p. 13-17.

Kang, H.J. et al. 2007. "Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty". *Food Control*, v. 18, p. 430–435.

Kim, H.J. et al., 2016. "Nano-biohybrids of engineered nanoclays and natural extract for antibacterial agents". *Applied Clay Science*, v. 134, p. 19-25.

Kristam, P. et al., 2016. "Evaluation of edible polymer coatings enriched with green tea extract on quality of chicken nuggets". *Veterinary World*, v. 9. p.685-692.

Falowo, A.B. et al., 2014. "Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review". *Food Research International*, e. 64, p. 171-181.

Yuan, W. et al., 2017. "Antimicrobial efficacy of *Cinnamomum javanicum* plant extract against *Listeria monocytogenes* and its application potential with smoked salmon". *International Journal of Food Microbiology*, v. 260, p. 42-50.

Lorenzo, J. M. et al., 2014. "Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties". *Meat Science*, v.96, p. 526-534.

Mesquita, R.A., 2015. "*Desenvolvimento de biofilme comestível à base de gelatina e própolis para conservação de frutas"*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

Nilsuwan, K. et al., 2018. "Properties and antioxidative activity of fish gelatin-based film incorporated with epigallocatechin gallate". *Food Hydrocolloids*, v. 80, p. 212-221.

Rashidi, B., et al., 2017. "Green tea and its anti-angiogenesis effects". *Biomedicine and Phamacoterapy*, v. 89, p. 949-956.

Santos, R.R. et al., 2017. "Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends". *Trends in Food Science e Technology*, v. 61, p. 132-140.

Soares, N. de F.F. et al., 2009. "Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos". *Revista Ceres*, v.56, n. 4, p. 370-378.

Siripatrawan, U., Harte, B.R., 2010. "Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract". *Food Hydrocolloids*, v. 24, p. 770-775.

Shahbazi, Y., 2017. "The properties of chitosan and gelatin films incorporated with ethanolic red grape seed extract and *Ziziphora clinopodioides* essential oil as biodegradable materials for active food packaging". *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 99, p. 746-753.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS DE COBERTURA EM LINGUIÇAS FRESCAIS

**Daniele Hamann**
**Julia Lisboa Bernardi**
**Bruna Maria Saorin Puton**
**Geciane Toniazzo Backes**
**Rogério Luis Cansian**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
danielehamann@gmail.com
julialisboabernardi@yahoo.com
brunnaputon@hotmail.com
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O presente estudo teve como objetivo investigar a aplicação de diferentes materiais como filmes comestíveis de cobertura para uma futura avaliação de embalagem ativa durante o armazenamento de linguiças frescais. Realizou-se uma seleção de biopolímeros proteicos e polissacarídicos para definir o melhor material para a formação de filmes para recobrimento de linguiça frescal. Foram elaborados filmes de amido de milho, fécula de mandioca, quitosana, gelatina e acetato de celulose pela técnica casting, a qual consiste na desidratação de uma solução coloidal, denominada solução filmogênica (SF). Após elaboradas as SF, as linguiças foram imersas em cada solução e acondicionadas em placas de Petri abertas para a completa secagem. Após, realizou-se a avaliação visual qualitativa das diferentes amostras, verificando cor, aparência e uniformidade do filme sobre o produto. Ao analisar a alteração de coloração e aparência das linguiças frescais, após a aplicação das diferentes soluções filmogênicas, pode-se selecionar a SF de gelatina como a que obteve melhor resultado para aparência e coloração, sem alterar a característica de produto frescal. A partir deste resultado foram elaboradas novas formulações com diferentes concentrações de gelatina e glicerol. A melhor SF, em termos de aparência e coloração, foi de 15% de gelatina e 30% de glicerol.*

***Palavras-chave:*** *amido de milho, fécula de mandioca, quitosana, gelatina, acetato de celulose.*

## 1. INTRODUÇÃO

Embalagem para alimentos, de acordo com a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (ANVISA, 2012) é o artigo que está em contato direto com alimentos, destinado a contê-los desde a sua fabricação até a sua entrega ao consumidor, com a finalidade de protegê-los de agentes externos, de alterações e de contaminações, assim como de adulterações.

A embalagem tem um papel fundamental na contenção e proteção de alimentos, uma vez que é altamente manipulada por produtores e consumidores. No entanto, os materiais de embalagem são um dos principais resíduos sólidos nas principais cidades do mundo, a produção mundial de materiais plásticos demonstra um crescimento contínuo por mais de 50 anos (Jaramillo *et al.*, 2016).

A redução do impacto ambiental pelo uso de polímeros biodegradáveis na indústria de alimentos é hoje uma alternativa para a remoção de embalagens do petróleo (Jaramillo *et al.*, 2016), sendo que esses polímeros naturais constituem uma alternativa real para diminuir o uso de materiais não degradáveis e não renováveis na indústria de embalagens (Hernandez *et al.*, 2017).

Filmes são estruturas para envolver produtos, preparados de forma a obter uma fina espessura (camada de material), preparados a partir de macromoléculas biológicas, que agem como barreira a elementos externos (umidade, gases e óleos), protegendo os produtos e aumentando sua vida de prateleira. Adicionalmente, podem carrear compostos antimicrobianos e antioxidantes, sendo denominados filmes ativos (Krochta e Mulder-Johnston, 1997).

Os principais biopolímeros empregados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis são proteínas e polissacarídeos. Os polissacarídeos estudados até o momento incluem quitosana, carboximetilcelulose e amido. As

proteínas comumente estudadas para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis incluem proteína de soja, proteína do leite, como caseína e proteína de soro de leite e gelatina (Suderman *et al*., 2018).

A propriedade única das proteínas para formar redes e induzir plasticidade e elasticidade é considerada benéfica na preparação de materiais de embalagem baseados em biopolímero. Além disso, compostos ativos naturais, como antioxidantes e agentes antimicrobianos, poderiam ser adicionados a esses filmes, a fim de melhorar o prazo de validade de alimentos frescos (Lopez *et al.*, 2017).

A gelatina tem sido estudada extensivamente por sua capacidade de formar filmes, boas propriedades funcionais e utilidade como uma barreira externa para proteger os alimentos da secagem, exposição ao oxigênio e à luz. Os filmes compostos de gelatina possuem boas propriedades mecânicas, mas são sensíveis à umidade e apresentam baixa barreira contra o vapor de água (Suderman *et al.*, 2018).

O presente estudo teve como objetivo investigar a aplicação de diferentes materiais como filmes comestíveis de cobertura para uma futura avaliação de embalagem ativa.

## 2. MATERIAL E METODOS

### 2.1 Seleção de biopolímeros proteicos e polissacarídicos para formação de filmes comestíveis

Na primeira etapa do trabalho, realizou-se uma seleção de biopolímeros proteicos e polissacarídicos para definir o melhor material para a formação de filmes para recobrimento de linguiça frescal (obtidas no comércio local). Desta forma, foram elaborados filmes de amido de milho, fécula de mandioca, quitosana, gelatina e acetato de celulose pela técnica casting, a qual consiste na desidratação de uma solução coloidal, denominada solução filmogênica (SF).

Os filmes de amido de milho e fécula de mandioca foram obtidos a partir de uma solução contendo 3% de amido de milho ou fécula de batata (p/v), 30% de glicerol (p/p) (Sigma-Aldrich Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil) como agente plastificante, suspensos em água destilada. Os componentes foram misturados e aquecidos gradualmente sob agitação em banho-maria, até atingir a temperatura de 80 ºC sendo a mesma mantida por 10 minutos e após resfriada a 40 ºC para aplicação no produto (Ugalde *et al*., 2016).

A elaboração dos filmes de quitosana foi realizada de acordo com Siripatrawan e Harte (2010), com modificações, a partir de uma solução contendo 2% de quitosana (p/v) (Polymar®, Fortaleza, Ceará, Brasil), 30 % de glicerol (p/p) como agente plastificante, suspensos em uma solução de ácido acético 1 % (Sigma-Aldrich Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil). A SF foi submetida ao processo de esterilização em autoclave a 121 °C/10 minutos, sendo posteriormente filtrada.

Para a obtenção dos filmes de gelatina fez-se uma mistura de 15 g de gelatina (Synth®) dissolvida em 39,8 mL de água a 90 ºC e agitada até dissolução. Foram então adicionados 15 g de glicerol e 0,2 g de quitosana. A solução foi submetida novamente à agitação até completa dissolução (Mesquita, 2015).

Os filmes de acetato de celulose foram produzidos a partir de uma solução contendo 10 % de acetato de celulose (p/v) (Sigma-Aldrich Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil), suspenso em acetona P.A. (Sigma-Aldrich Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil). A SF era agitada até a completa dissolução do acetato (Ugalde *et al.*, 2016).

Para selecionar o melhor filme de recobrimento, as linguiças foram imersas em cada solução filmogênica e acondicionadas em placas de Petri abertas. Estas eram deixadas para secar, em condições ambientais, para evaporação dos solventes (água ou acetona) *overnight*, exceto para o filme de acetato de celulose que apresentava secagem imediata. Após a secagem, realizou-se a avaliação visual qualitativa das diferentes amostras, verificando cor, aparência e uniformidade do filme sobre o produto.

### 2.2 Avaliação de diferentes concentrações de gelatina e glicerol para formação de filmes comestíveis

Para definir a melhor concentração de gelatina e glicerol na elaboração dos filmes, foram realizadas diversas formulações com a finalidade de formar um filme de cobertura com boa aparência e resistência, conforme apresentado na Tab. 1.

Após a preparação das formulações, conforme especificado no item 2.1, as linguiças foram imersas em cada solução filmogênica e acondicionadas em placas de Petri abertas. Estas eram deixadas para secar, em condições ambientais, *overnight*, para evaporação da água. Posteriormente realizou-se novamente uma avaliação visual qualitativa, verificando cor, aparência e uniformidade do filme sobre o produto.

Tabela 1. Formulações com diferentes concentrações de gelatina e glicerol para a elaboração de filmes comestíveis.

| Formulações | Gelatina (%) | Glicerol (%) |
|---|---|---|
| 1 | 5 | 30 |
| 2 | 5 | 45 |
| 3 | 5 | 10 |
| 4 | 15 | 30 |
| 5 | 15 | 45 |
| 6 | 15 | 10 |
| 7 | 30 | 30 |
| 8 | 30 | 45 |
| 9 | 30 | 10 |

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Seleção de biopolímeros proteicos e polissacarídicos para formação de filmes

A Fig. 1 apresenta as linguiças frescais *in natura* e após a aplicação dos diferentes tipos de filmes comestíveis para cobertura, a base de fécula de mandioca, quitosana, acetato, amido de milho e gelatina.

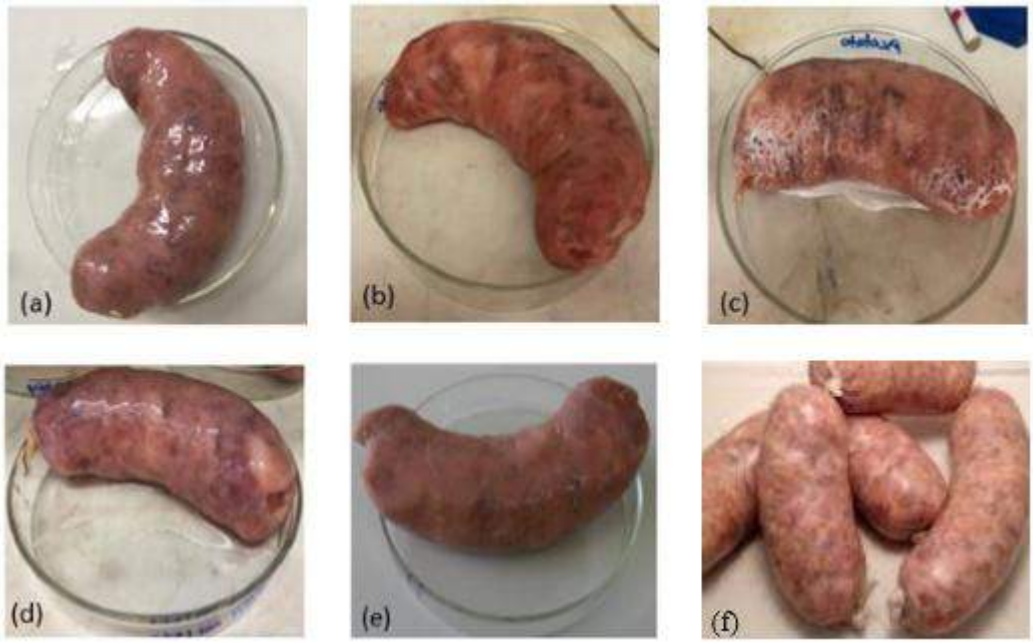



Figura 1. Soluções filmogênicas a base de (a) fécula de mandioca, (b) quitosana, (c) acetato, (d) amido de milho, (e) gelatina e (f) *in natura*, respectivamente.

Após a imersão das linguiças na solução filmogênica, estas apresentaram alteração de cor e aparência em comparação a linguiça *in natura*. Segundo os autores Shahbazi *et al.* (2017) a propriedade da cor dos filmes comestíveis é um dos fatores mais importantes em termos de aparência geral dos produtos alimentícios e aceitação do consumidor.

As linguiças que foram imersas em solução filmogênica de amido de milho e fécula de mandioca ficaram brilhantes e com a cor característica de uma linguiça frescal, porém ficaram com uma camada de filme pegajosa mesmo após o período de descanso para secagem e aderência do filme. As linguiças que foram imersas em solução de acetato apresentaram alteração de cor, apresentando uma cor avermelhada como se estivesse ocorrido um processo de alteração de coloração das proteínas e o filme não aderiu de forma adequada ao produto, apresentando irregularidades. As linguiças que foram imersas em solução de quitosana, apresentaram alteração de cor, como verificado na solução de acetato, com cor avermelhada, porém a aderência do filme foi adequada.

Segundo Rubilar *el al.* (2013), o filme de quitosana apresenta uma coloração característica amarelada. O produto imerso em solução de quitosana e acetato ficou com a aparência de um produto seco e não frescal conforme observado na Fig.1.O produto imerso em solução de gelatina obteve boa adesão ao filme, não apresentou alteração de cor e perda da característica frescal da linguiça. Visualmente, os filmes elaborados a partir de quitosana e gelatina puros possuem um certa coloração, de aparência levemente amarela e branca, respectivamente (Shahbazi *et al.*, 2017).Ao analisar a

alteração de coloração e aparência das linguiças frescais, após a aplicação das diferentes soluções filmogênicas, pode-se selecionar a solução filmogênica de gelatina como a que obteve melhor resultado para aparência e coloração, sem alterar a característica de produto frescal. Propriedades ópticas (cor, transparência e brilho) de filmes e revestimentos podem ter um grande impacto no aspecto do produto alimentício e, consequentemente, na aceitabilidade do consumidor (Atarés e Chiralt, 2016).A partir deste resultado optou-se por continuar as pesquisas com o uso e avaliação dos filmes comestíveis obtidos através de uma solução filmogênica a base de gelatina e glicerol.

### 3.2 Filmes de gelatina e glicerol obtidos a partir de diferentes concentrações

A Fig. 2 apresenta linguiças frescais com recobrimento de diferentes concentrações de gelatina e glicerol para soluções filmogênicas, conforme Tab. 1.

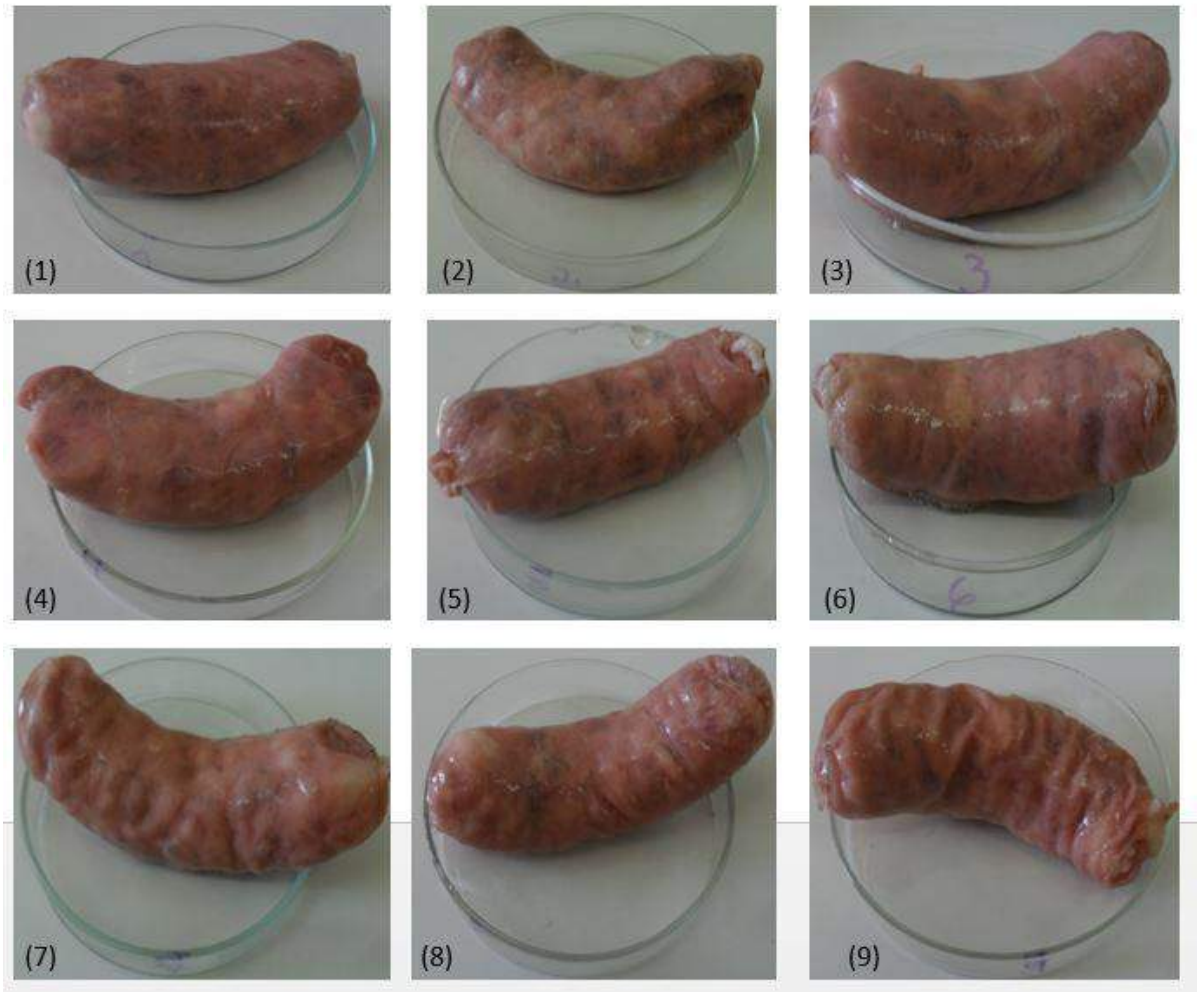



Figura 2. Linguiça frescal com recobertas com filmes de gelatina e glicerol obtidos a partir de diferentes concentrações: (1) 5 % de gelatina e 30 % de glicerol; (2) 5 % de gelatina e 45 % de glicerol; (3) 5 % de gelatina e 10 % de glicerol; (4) 15 % de gelatina e 30 % de glicerol; (5) 15 % de gelatina e 45 % de glicerol; (6) 15 % de gelatina e 10 % de glicerol; (7) 30 % de gelatina e 30 % de glicerol; (8) 30 % de gelatina e 45 % de glicerol; (9) 30 % de gelatina e 10 % de glicerol.

Ao comparar as diferenças entre as linguiças que foram imersas em soluções filmogênicas com diferentes concentrações de gelatina e glicerol pode-se observar que as amostras formuladas com concentração de gelatina de 5% apresentaram um filme muito fino e com pouca aderência ao produto. As formulações com concentração de gelatina de 15% apresentaram a melhor aparência, com um filme bem aderido e em toda a extensão do produto. E as amostras com concentração de 30% de gelatina apresentam-se enrugadas e com uma leve perda da característica de linguiça frescal. A adição de diferentes concentrações de glicerol teve como finalidade melhorar as características da embalagem como cor, aparência e textura.

Ao comparar as 3 formulações contendo concentração de 15% de gelatina, pode-se observar que a formulação 4 apresentou as melhores características visuais de cor, uniformidade e aparência, não apresentando filme em excesso

como ocorreu na 6, onde é possível observar uma camada residual na placa de Petri, e com melhor aderência se comparado a formulação 5, que ficou com uma camada muito fina de filme.

Segundo Santos *et al*. (2017), na tecnologia de embalagem ativa existem filmes e revestimentos, os filmes são folhas finas formadas previamente e depois de aplicadas sobre o produto como embalagem ou entre as suas camadas, pode ser usado como cobertura, embalagem ou separação de camadas. Enquanto os revestimentos são filmes formados no produto, cuja base é aplicada diretamente na sua superfície, onde ocorre a secagem e assim, a formação do revestimento. Neste sentido, a gelatina apresentou as melhores características para a formação da solução filmogênica dos filmes comestíveis de revestimento para produtos cárneos frescais, como a linguiça.

## 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS, URI e Aurora Alimentos pelo apoio financeiro.

## 5. REFERÊNCIAS

Altarés, L. e Chiralt, A., 2016. "Essential oils as additives in biodegradable films and coating for active food packaging". *Trends in Food Science e Technology*, Vol. 48, p. 51-62.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2007. "Regulamento técnico sobre aditivos aromatizantes". Resolução - RDC nº 2. Brasil.

Hernandez, D.P., 2017. "Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging". *Food Hydrocolloids*, Vol. 63, p. 488-495.

Jaramillo, M., Gutiérrez, T.J., Goyanes, S., Bernal, C. e Famá, L., 2016. "Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films". *Carbohydrate Polymers*, Vol. 151, p. 150-159.

Krochta, J.M. e Mulder-Johnston, C., 1997. "Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities". *Food Technology*, Vol. 51, p. 60-74.

López, D., Marquez, A., Gutierrez-Cutino, M., Venegas-Yazigi, D., Bustos, R. e Matiacevich, S., 2017. "Edible film with antioxidant capacity based on salmon gelatin and boldine". *LWT*, Vol. 77, p. 160-169.

Mesquita, R.A., 2015. "*Desenvolvimento de biofilme comestível à base de gelatina e própolis para conservação de frutas"*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

Rubilar, J.F., Cruz, R.M.S., Silva, H.D., Vicente, A.A., Khmelinskii, I. e Vieira, M.C., 2013. "Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract". *Journal of Food Engineering*, Vol. 115, e. 4, p. 466-474.

Santos, R.R., Andrade, M., Melo, N.R.de e Sanches-Silva, A., 2017. "Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends". *Trends in Food Science e Technology*, Vol. 61, p. 132-140.

Shahbazi, Y., 2017. "The properties of chitosan and gelatin films incorporated with ethanolic red grape seed extract and *Ziziphora clinopodioides* essential oil as biodegradable materials for active food packaging". *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 99, p. 746-753.

Siripatrawan, U. e Harte, B.R., 2010. "Physical properties and antioxidant activity of na active film from chitosan incorporated with green tea extract". *Food Hydrocolloids*, Vol. 24, p. 770 – 775.

Suderman, N., Isa, M.I.N e Sarbon, N.M., 2018. "The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review". *Food Bioscience*, Vol. 24, p. 111-119.

Ugalde, M.L., Cezaro, A.M.de, Cenci, A., Júnior, C.V., Paroul, N., Toniazzo, G., Steffens, J. e Cansian, R.L., 2016. "Actividad Antibacteriana y Antioxidante de los Aceites Esenciales Comerciales de Romero, Clavo de Olor, Orégano e Salvia". *Repositorio Espanhol de Ciência e Tecnologia*, Vol. 18, p. 54-61.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DO EFEITO DA REFRIGERAÇÃO NA QUALIDADE DO LEITE DE OVELHA

**Danielle Specht Malta**
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC /Oeste- Pinhalzinho/SC
daniellesmalta@gmail.com

**Estela Maria Dalmina**
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC /Oeste- Pinhalzinho/SC
esteladalmina@hotmail.com

**Mônica Naiara Schmeier**
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC /Oeste- Pinhalzinho/SC
moneschmeier@gmail.com

**Bruna Siviero**
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC /Oeste- Pinhalzinho/SC
bruna_siviero07@hotmail.com

**Anderson Elias Bianchi**
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC /Oeste- Pinhalzinho/SC
bianchi.zootecnista@gmail.com

**Darlene Cavalheiro**
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC /Oeste- Pinhalzinho/SC
darlene.cavalheiro@udesc.br

**Elisandra Rigo**
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC /Oeste- Pinhalzinho/SC
elisandra.rigo@udesc.br

***Resumo.*** *O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da refrigeração na qualidade do leite de ovelha fresco e refrigerado por 6 e 10 dias. O leite fresco (LF) da raça Lacaune, oriundo da Cabanha 3 leites, foi caracterizado pelos parâmetros de gordura, proteína, lactose, cinzas, sólidos totais, sólidos não gordurosos, minerais (sódio e potássio). O LF e leite de ovelha refrigerado nos tempos 6 e 10 dias (LR6 e LR10), respectivamente, foram analisados quanto aos parâmetros físico-químicos de pH, acidez, estabilidade térmica do leite ao álcool e coágulo no teste de ebulição (COB). Os leites de ovelha oriundos do mesmo local, apresentaram boa repetibilidade de produção, tendo produção média de 1,8 L por dia, com 160 dias de lactação. No entanto, o leite de ovelha apresentou menores quantidades de gordura e sólidos totais em relação aos relatados na literatura. Os resultados do estudo mostraram que o leite de ovelha da raça Lacaune conservado sob refrigeração à 4 °C manteve características que possibilitam sua aplicação em até 10 dias, uma vez que o mesmo apresentou estabilidade térmica no período avaliado.*

***Palavras–chave:*** *Lacaune, Coágulo no teste de ebulição, Estabilidade ao álcool, Refrigeração, Qualidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

A raça Lacaune tem sido utilizada por ovinocultores de Santa Catarina para a produção de leite de ovelha obtendo grande sucesso na atividade, sendo aproximadamente 70 % do rebanho do estado formado por esta raça (ACCO, 2012). Sua produção de leite é cerca de 1,3 L por dia, em um período médio de 160 dias de lactação, sendo que no pico de lactação, uma fêmea da raça Lacaune pode produzir até 4,5 L por dia (BRITO et al., 2006). No entanto, na produção de leite de ovelha é importante priorizar a sua qualidade, em especial o conteúdo expressivo de sólidos e não somente o volume produzido. A ovelha é capaz de produzir, em um menor período de lactação, uma maior quantidade de sólidos

por litro de leite em relação às demais espécies (HAENLEIN, 2007). O leite de ovelha possui sabor e aroma doce suave, textura cremosa devido à presença de pequenos glóbulos de gordura dispersos no leite, tornando-o mais facilmente digerido (PARK et al., 2007). Um sabor distinto, é observado em leite de ovelha devido os teores de ácidos graxos livres (CHANDAN et al., 1992). Esse sabor se reflete em derivados do leite de ovelha, como manteiga e queijo (JOOYANDEH; ABEROUMAND, 2010).

A refrigeração do leite após a ordenha tem influência direta na sua qualidade, auxiliando no controle do desenvolvimento de micro-organismos mesófilos na propriedade rural. No entanto, a permanência do leite em baixas temperaturas por longos períodos, pode favorecer o desenvolvimento de bactérias psicrotróficas e enzimas lipolíticas e proteolíticas podendo resultar em problemas tecnológicos (MONTANHINI, 2016).

Assim, estabelecer os métodos de conservação do leite de ovelha é de extrema importância, considerando especialmente a baixa produção, possibilitando que os ovinocultores encontrem alternativas que viabilizem a produção, como o armazenamento do leite refrigerado por longos períodos até adquirir volume viável para a produção de queijos. Porém, a avaliação da qualidade do leite refrigerado faz-se necessária, considerando que pode alterar a estabilidade proteica pela diminuição do fosfato de cálcio micelar, interferindo no rendimento da coalhada (WALSTRA et al., 2006). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da refrigeração na qualidade do leite de ovelha fresco e refrigerado por 6 e 10 dias.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 MATÉRIA-PRIMA

As análises físico-químicas foram realizadas no Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. As amostras de leite de ovelha da raça Lacaune foram coletadas logo após a ordenha, em novembro de 2017 e janeiro de 2018, totalizando 2 bateladas. Fornecidas gentilmente pela Cabanha Três Leites, localizada em Lajeado Grande/SC. As amostras de leite de ovelha foram envasadas em embalagens plásticas assépticas, acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo em seu interior e transportadas até o local das análises. No seu recebimento, a temperatura foi verificada, todo seu conteúdo homogeneizado e fracionado em frascos de polipropileno, contendo 100 mL de amostra.

Denominou-se leite de ovelha fresco (LF) para o leite de ovelha analisado no mesmo dia e leite de ovelha refrigerado LR para o leite de ovelha mantido sob refrigeração com temperatura controlada, em incubadora refrigerada (BOD) (Lucadema, LUCA-161/01), à (4 °C ± 0,1), avaliado ao longo de 10 dias. O LR foi avaliado em relação as análises realizadas com LF. As amostras foram mantidas sob refrigeração até o momento das análises.

### 2.2 ANÁLISE DO LEITE

O LF foi caracterizado através dos parâmetros de gordura, proteína, lactose, cinzas, sólidos totais, sólidos não gordurosos, minerais (sódio e potássio). O LF e o LR6 e LR10 (tempos 6 e 10 dias) foram analisados quanto aos parâmetros físico-químicos de pH, acidez, estabilidade térmica do leite ao álcool e do coágulo no teste de ebulição (COB).

As análises realizadas foram: pH através do medidor de pH digital de bancada (Hmmpb, 210), acidez (método titulométrico n° 947.05), sólidos totais (método n° 990.20), sólidos não gordurosos (método n° 990.21), cinzas (método gravimétrico n° 935.42), proteína (método micro - Kjeldahl para nitrogênio total n° 991.20), utilizando o fator de correção 6,38, gordura (método de Gerber n° 2000.18), minerais (sódio e potássio) (método n° 985.35) através do equipamento de espectrometria de absorção atômica em chama - FAAS (ContrAA – 700, autoamostrador AS525, da analytikjena), conforme AOAC (2016). A determinação de lactose (método de glicídios redutores em lactose) (LANE; EYNON, 1923).

A estabilidade do leite pela análise do coágulo no teste de ebulição (COB) foi realizada utilizando 10 mL de amostra em um tubo de ensaio submetido à fervura, com agitação constante, para se observar a presença (+) ou não (-) de coagulação e/ou precipitação (WASIKSIRI *et al.*, 2010; LAI *et al.*, 2016) com modificações. Também foi avaliada a estabilidade do leite frente ao álcool (EA), utilizando 2 mL de amostra e etanol na proporção 1:1 em placa de Petri. As concentrações de etanol utilizadas foram de 70% a 40%, variando a cada 2%, sendo estável a concentração de etanol na qual o leite apresentasse aspecto sem grumos ou com uma ligeira precipitação, com poucos grumos muito finos nas paredes do recipiente (BRASIL, 2006; WASIKSIRI *et al.*, 2010; LAI *et al.*, 2016).

### 2.3 TRATAMENTO DOS RESULTADOS

As coletas de leite foram realizadas em réplicas (2 bateladas de coleta do leite de ovelha) e as análises em triplicata, posteriormente, o tratamento dos resultados foi realizado pela análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de média de Tukey um nível de 95 % de confiança ($p < 0,05$), pelo software STATISTICA® versão 10.0 (Statsoft Inc®, USA).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios da caracterização do leite de ovelha fresco obtidos das bateladas de novembro de 2017 e janeiro de 2018. Os teores de proteína e lactose neste trabalho foram semelhantes aos obtidos por Fava et al. (2014), (5,27% ± 0,20) de proteína, (4,44% ± 0,18) de lactose e Revers et al. (2016), (5,80% ± 0,04) de proteína, (4,90 ± 1,04) de lactose. Ambos autores utilizaram leite de ovelha fresco da raça Lacaune, de regiões próximas ao presente estudo. Já Hanauer et al (2016) encontraram os valores médios de (5,04% ± 0,03) de proteína, (4,84% ± 0,38) de lactose, utilizando o leite de ovelha fresco, da mesma cabanha do presente estudo. Cabe ressaltar que quantidade de proteína do leite de ovelha pode ser influenciada pela raça do animal, sendo que Brito et al. (2006) constataram em média 4,46% de proteína para leite da raça Lacaune, valor próximo ao encontrado no presente estudo. Segundo Brito (2004) o índice de lactose no leite está relacionado com a sua produção, sendo pouco influenciado pelos fatores nutricionais.

Tabela 1. Caracterização do leite de ovelha fresco coletados em novembro de 2017 e janeiro de 2018.

| Parâmetros | Leite fresco |
|---|---|
| **Gordura (%)** | 6,17 ± 0,06 |
| **Proteína (%)** | 5,29 ± 0,05 |
| **Lactose (%)** | 4,40 ± 0,10 |
| **Cinzas (%)** | 0,89 ± 0,01 |
| **Sólidos totais (%)** | 16, 34 ± 0,05 |
| **Sólidos não gordurosos (%)** | 10,12 ± 0,07 |
| **Na (mg/100g)** | 73,13 ± 4,31 |
| **K (mg/100g)** | 100,89 ± 4,24 |

* Média de três valores de cada batelada ± desvio padrão.

O teor de gordura de todos os trabalhos foram consideravelmente maiores do que os encontrados neste estudo, sendo o mais próximo, o obtido por Hanauer et al. (2016) (6,73% ± 0,35), seguido por Fava et al. (2014) (8,28% ± 0,48) e Revers et al. (2016) (9,00% ± 0,04). O teor de gordura foi o parâmetro que mais variou entre os leites de ovelha da raça Lacaune estudados. Salienta-se que a composição química do leite de ovelha pode variar conforme a dieta, raça, indivíduos, paridade, estação do ano, nutrição, manejo, condições ambientais, localidade, estágio da lactação e estado de saúde do úbere (PARK et al., 2007; CLEYS et al., 2014).

O teor de sólidos totais relatados por Fava et al. (2014) (19,59% ± 0,55) em relação ao presente estudo foi maior, este comportamento já era esperado, considerando o teor de gordura. Cabe ressaltar que o teor de sólidos pode estar relacionado com o volume de leite produzido, e um volume elevado pode resultar em baixo teor de sólidos (SILVEIRA et a., 2017). O leite de ovelha da raça Lacaune obtido no presente estudo, apresentou menores quantidades de gordura e sólidos totais. A produção média da Cabanha 3 leites é de 1,8 L por dia, com ovelhas em lactação média por 160 dias, sendo valores superiores aos 1,3 L por dia, relatados por Brito et al. (2006) para o mesmo período. Podendo ser a maior produção, o motivo dos teores mais baixos destes componentes. Pode-se observar ainda, que o trabalho de Hanauer et al. (2016) realizado com o leite oriundo do mesmo local, foi o que apresentou mais semelhança aos dados obtidos neste estudo, indicando uma boa repetibilidade de produção.

O teor de cinzas relatados por Hanauer et al. (2016) (0,89% ± 0,01) foram iguais aos obtidos no presente estudo, salientando a importância do fator raça e localidade, já que os mesmos foram produzidos na região oeste de Santa Catarina por ovelhas da raça Lacaune, mesmo que foram coletadas em diferentes épocas do ano, visto que em trabalhos anteriores relatados por Malta et al. (2018) os teores de cinzas foram de (0,86% ± 0,01) no outono e (0,94% ± 0,01) no inverno, indicando diferença nos períodos mais frios.

Revers et al. (2016) obteve valores de (0,80% ± 0,01) de cinzas, inferiores aos obtidos neste trabalho, bem como os teores de (141,6 mg/100g ± 2,47) de sódio e (61,2 mg/100g ± 2,04) de potássio. Os minerais foram inversamente proporcionais aos encontrados neste trabalho, apresentando maiores quantidades de sódio, com aproximadamente o dobro do seu conteúdo, e 50% de potássio. Este comportamento pode estar relacionado ao fato de que a alimentação a fêmea durante a lactação influencia no conteúdo de minerais do leite. O material mineral encontra-se em uma fração pequena em todos os tipos de leite (ALAIS, 1985), sendo fosfatos, citratos, cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos de sódio, potássio, cálcio e magnésio os principais componentes (ORDÓÑEZ, 2005).

A Tabela 2 apresenta os valores médios de estabilidade térmica do leite obtidos das bateladas de novembro de 2017 e janeiro de 2018 do leite de ovelha fresco LF e leite de ovelha refrigerado (tempos 6 e 10 dias) LR6 e LR10, respectivamente. O leite de ovelha fresco apresentou estabilidade ao álcool de (63% ± 1,41), característico do leite de pequenos ruminantes, observado em trabalhos na literatura (WASIKSIRI et al., 2010; LAI et al., 2016; FAVA et al., 2014).

Os valores obtidos neste trabalho para o leite de ovelha fresco nas diferentes concentrações analisadas, foram próximos aos relatados por Fava et al. (2014) de (63,17% ± 3,64). A estabilidade do leite refrigerado frente ao álcool teve redução ao longo do tempo, mas não diferiu significativamente ($p < 0,05$). No entanto, para o leite de ovelha refrigerado à 5 °C, por 7 dias, Fava et al. (2014) relatou (53,91% ± 12,51), inferiores ao presente estudo, para a mesma raça, em região próxima. O alto desvio padrão dos autores, foi devido a quantidade de bateladas analisadas, mostrando que a estação do ano apresentou influência sobre a estabilidade do leite frente ao álcool.

A qualidade do leite pode ser observada e confirmada através da análise do coágulo no teste de ebulição (COB), na qual o leite de ovelha não apresentou precipitações durante os 10 dias. E com isso, o leite pode ser pasteurizado adequadamente, sem a formação de precipitado ou de grumos. Uma vez que, segundo Mahieu (1991) a avaliação da estabilidade térmica do leite possui suma importância para os aspectos tecnológicos de elaboração de derivados, devido a diminuição da sua estabilidade resultar em deficiências na coagulação pela ação do coalho, resultando em menor rendimento.

Tabela 2. Estabilidade térmica do leite frente ao álcool, coágulo no teste de ebulição (COB), pH e acidez no leite de ovelha fresco (LF) e leite de ovelha refrigerado nos tempos 6 e 10 dias (LR6 e LR10), respectivamente. Coletados em novembro de 2017 e janeiro de 2018.

| Parâmetros | LF | LR6 | LR10 |
|---|---|---|---|
| **Estabilidade ao álcool (%)** | 63 ± 1,41 [a] | 60 < 0,01 [a] | 58 ± 2,83 [a] |
| **Coágulo no teste de ebulição COB[(1)]** | - | - | - |
| **Acidez (%)** | 0,20 ± 0,01 [a] | 0,22 ± 0,02 [a] | 0,28 ± 0,07 [b] |
| **pH** | 6,58 ± 0,05 [a] | 6,53 ± 0,07 [a] | 6,31 ± 0,27 [b] |

[(1)] COB (-) não há precipitação, (+) há precipitação, expressas qualitativamente. Média de três valores de cada batelada ± desvio padrão. Letras iguais na linha em cada avaliação indicam que não há diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A correlação entre o pH e a acidez foi de (-0,99) e ambos apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para o LR10, no qual observou-se um aumento considerável de acidez, bem como a diminuição da estabilidade ao álcool. A utilização dos parâmetros de acidez em ácido lático em conjunto com o pH, indicam a qualidade do leite. O pH tem relação com a condição higiênica e de conservação, já a acidez indica a presença ou aumento de ácido lático proveniente da ação bacteriana. O comportamento do pH é inversamente proporcional ao da acidez, sendo que o pH diminui à medida que as bactérias láticas consomem parte da lactose, produzindo ácido lático e, consequentemente, a acidez aumenta (SILVA; TORRES, 1995).

Os valores obtidos foram semelhantes e aos encontrados por Fava et al. (2014), sendo para o leite fresco e refrigerado por 7 dias, os autores relataram valores pH (6,68 ± 0,12, e 6,57 ± 0,26) e acidez de (0,24% ± 0,15 e 0,28% ± 0,14), respectivamente. Revers et al. (2016) encontrou valores superiores de (6,7 ± 0,04) de pH, (0,3% ± 0,01) de acidez apara o leite de ovelha fresco, da mesma raça e região próxima do presente trabalho. Já Hanauer et al. (2016) obteve valores (6,58% ± 0,01) de pH e (0,22% ± 0,01) de acidez, sendo estes, muito semelhantes aos encontrados no presente estudo. Ressaltanto que além das demais características analisadas na Tabela 1, estas também confirmam a repetibilidade do leite produzido na região. E ainda, a qualidade do leite deste trabalho esta na faixa relatada por Park (2007), nas quais a acidez do leite de ovelha em ácido lático pode ser de 0,22% a 0,25%.

A alta acidez do leite de ovelha pode ser resultante de fatores como o alto conteúdo de minerais e proteínas do leite e não de acidez causada pela produção de ácidos por bactérias indicativas de inadequada higiene de ordenha ou sanidade (MERLIN JUNIOR et al., 2015). Com isso, o leite de ovelha refrigerado por 10 dias apresentou estabilidade térmica na análise do coágulo no teste de ebulição (COB), mostrando que com (58% ± 2,83) de estabilidade do leite ao álcool, (0,28% ± 0,07) de acidez e (6,31 ± 0,27) de pH do leite ainda está apto para ser utilizado e ser submetido ao tratamento térmico.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados do estudo mostraram que o leite de ovelha da raça Lacaune conservado sob refrigeração à 4 °C manteve características que possibilitam sua aplicação em até 10 dias, uma vez que o mesmo apresentou estabilidade térmica no período avaliado.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UDESC pela infraestrutura cedida e a Cabanha Três Leites de Lajeado Grande/SC pelo fornecimento do leite de ovelha.

## 7. REFERÊNCIAS

ALAIS, C. **Ciencia de la leche - Principios de técnica lechera.** ed. 4. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1985, 873 p.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE CRIADORES DE OVINOS. Disponível em: <www.acco-sc.com.br>. Acesso em: 27 jul. 2018.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Diário Oficial da União.** Brasília,14 de dezembro de 2006.

BRITO, M. A.; GONZÁLEZ, F. D.; RIBEIRO, L. A.; CAMPOS, R.; LACERDA, L.; BARBOSA, P. R.; BERGMANN, R. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. **Ciência Rural**, v.36, p.942-948, 2006.

CHANDAN, R.C.; ATTAIE, R; SHAHANI, K. M Nutritional aspects of goat milk and its products. **Vth International Conference on Goats.** 2-8 March, New Delhi, India. Invited papers, v. II,ed part II, p. 399-420, 1992.

CLEYS, W. L.; VERRAES, C.; CARDOEN, S.; DE BLOCK, J.; HUYGHEBAERT, A.; RAES, K.; DEWETTINCK, K.; HERMAN, L. Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. **Food Control**, v. 42, p. 188-201, 2014.

FAVA, L.W.; KÜLKAMP-GUERREIRO I.C.; PINTO A.T. Evaluation of physico-chemical characteristics of fresh, refrigerated and frozen Lacaune ewes' milk. ***Brazilian journal of veterinary and animal sciences***. v.66, n.6, p. 1924-1930, 2014

HAENLEIN, G. F. W. About the evolution of goat and sheep milk production**. Small Ruminant Research**, v.68, p. 3-6, 2007.

HANAUER, D. C.; RIGO, E.; BAGATINI, L.; STEFFENS, J.; CAVALHEIRO, D. Influência da substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio em queijo minas frescal de leite de ovelha. **Revista Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v. 71, p.119-130, 2016.

JOOYANDEH, H; ABEROUMAND, A. Physico-Chemical, Nutritional, Heat Treatment Effects and Dairy Products Aspects of Goat and Sheep Milks. **World Applied Sciences Journal**, v.11, p.1316-1322, 2010.

LAI, C. Y.; FATIMAH, A. B.; MAHYUDIN, N. A.; SAARI, N.; ZAMAN, M. Z. Physico chemical and microbiological qualities of locally produced raw goat milk. **International Food Research Journal**, v.23, n. 2, p.739-750, 2016.

LANE, J. H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator. **Journal of the Society of Chemistry Industry**, London, v. 42, p. 32-37, 1923.

LATIMER, G.W. **Official methods of analysis: of AOAC international.** ed. 20. Maryland: AOAC, 2016. v. 2.

MAHIEU, H. **Factores que influyen na la composición de la leche**. In: LUQUET, F. M. Leche y produtos lácteos: vaca – oveja – cabra. Zarago: Editora acribia, S.A., 1991, p. 117 – 179.

MALTA, D. S.; DALMINA, E. M.; SILVA, F. C.; BIANCHI, A. E.; RIGO, E.; CAVALHEIRO, D. Avaliação das características físico-químicas e microbiológicas do leite de ovelha fresco em diferentes estações do ano. In: X SIMPÓSIO DE ALIMENTOS, 10., 2018, Passo Fundo. **Anais eletrônicos…** Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo, 2018. Disponível em: < http://sial.upf.br/images/anais/2018/ciencia/c-15.pdf2018 > Acesso em 20 jul. 2018.

MERLIN JUNIOR, I. A. M.; COSTA, R.G.; COSTA, L.G; LUDOVICO, A.; REGO, L.C.A; ARAGON-ALEGRO, L.C.; SANTANA, E.H.W. Ovinocultura leiteira no Brasil: aspectos e fatores relacionados à composição, ao consumo e à legislação. **Colloquium Agrariae**. v.11, p.38-53. 2015.

MONTANHINI, M. T. M. **Bactérias psicrotróficas em leite refrigerado,** 2016. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria/bacterias-psicrotroficas-em-leite-refrigerado-100639n.aspx >. Acesso em: 28 jul. 2018.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos – Alimentos de Origem Animal**. Porto Alegre: Artmed. 2005**,** v. 2, 279 p.

PARK, Y. W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN G. F. W. Physico-Chemical Characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, ed. 1–2, p. 88-113, 2007.

REVERS, L. M.; DANIELLI, A. J.; ILTCHENCO, S.; ZENI, J.; STEFFENS, C.; STEFFENS. Obtenção e caracterização de iogurtes elaborados com leites de ovelha e de vaca. **Revista Ceres.** v. 63, n.6, p. 747-753, 2016.

SILVEIRA, R. F.; COSTA, P. T.; MOREIRA, S. M.; SILVEIRA, I. D. B.; DE MORAES, R. E.; GONZALEZ, H. L. Características produtivas e comportamentais de ovelhas Lacaune em diferentes estádios de lactação. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.18, p.11, 2017.

SORYAL, K.; BEYENE, F. A.; ZENG, S.; BAH, B.; TESFAI, K. Effect of goat breed and milk composition on yield, sensory quality, fatty acid concentration of soft cheese during lactation. **Small Ruminant Research**, v. 58, p. 275–281, 2005.

WALSTRA, P., WOUTERS, J.T.M., GEURTS, T.J. **Dairy Science and Technology**. ed. 2. Taylor & Francis, New York, p. 763, 2006.

WASIKSIRI, S.; CHETHANOND, U.; PONGPRAYOON, S.; SRIMAI, S.; NASAE, B. Quality aspects of raw goat milk in Lower Southern Thailand. **Songklanakarin Journal of Science & Technology,** v. 32, p. 109-113, 2010.

## 8. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ADIÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE SOJA NO RENDIMENTO DE QUEIJO TIPO TOFU

**Gabriela Albuquerque Três**
**João Alberto Cechetti**
**Glaciela Scherer**
**Clarice Steffens**
**Juliana Steffens**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Avenida sete de setembro, 1621, Erechim/ RS, Brasil.
gtresal@gmail.com; joaoacechetti@hotmail.com; glaciela.cristina@yahoo.com.br; clarices@uricer.edu.br; julisteffens@uricer.edu.br

***Resumo:*** *O tofu é um queijo de origem vegetal, derivado da soja, obtido através da coagulação do extrato hidrossolúvel de soja (EHS). O objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar um queijo tipo tofu, onde foi realizado um planejamento fatorial 2² utilizando como variáveis independentes coagulante vegetal de limão (5-15%) e concentrado proteico de soja (0-10%), e avaliada a resposta de rendimento. O maior rendimento foi observado no ensaio com maior concentrado proteico e menor quantidade de limão. Portanto, o tofu elaborado com coagulante vegetal (5%) e adição de concentrado proteico de soja (10%) apresentou melhor rendimento.*

***Palavras-chave:*** *Coagulante Vegetal; Extrato Hidrossolúvel de Soja; Limão; Soja; Tofu.*

## 1. INTRODUÇÃO

Produtos derivados de soja vem ganhando destaque entre os consumidores nos últimos anos por serem uma excelente fonte de proteínas e aminoácidos essenciais. (Rui et al., 2016). Dentre eles o tofu é um produto que apresenta uma textura firme parecida com a do queijo, sabor delicado e cor branca cremosa. O processo de fabricação a partir do leite de soja, ou também denominado de extrato hidrossolúvel de soja (EHS), o qual permanece imerso em água a temperatura ambiente por cerca de 12h, posteriormente os grãos são macerados e filtrados, separando o EHS do subproduto okara (Benassi *et al*., 2011). A partir do EHS é feita a adição de coagulante, sintético ou natural, produzindo um gel resultante da formação de uma rede proteica com retenção de água, lipídios e outros constituintes, apresentando textura lisa, macia e elástica (Ciabotti *et al.* 2007; Ciabotti *et al.*, 2009). O limão pode ser utilizado como coagulante natural. O limão pertence ao gênero *Citrus* L. e à família *Rutacea*, proveniente da Ásia, em regiões compreendidas entre a Índia e o sudeste do Himalaia, é uma das mais importantes culturas de frutas do mundo (Mehl *et al*., 2014). O nome "limão" é utilizado comumente para indicar frutas cítricas ácidas como limões verdadeiros (*Citrus limon*) e as limas ácidas, entre elas a Tahiti (*Citrus latifólia* Tanaka), conhecida como limão Tahiti (Wrege *et al.*, 2006). O limão Tahiti é um híbrido da lima-da-pérsia com o limão cravo, por isso recebe o nome de lima ácida. Seu fruto é robusto, com formato arredondado, casca lisa ou ligeiramente rugosa, com coloração verde. A polpa tem coloração verde-clara, bastante suculenta, sabor menos ácido e sem a presença de sementes (Trucom, 2004).

O Tofu produto é consumido tradicionalmente no oriente e países do sudeste asiático há mais de 2000 anos. Hoje em dia é difundido no mundo todo. É um produto que possui alto valor nutricional, proporciona benefícios à saúde (Poysa; Woodrow e Yu, 2006). Para tanto, para aumentar o valor nutricional e o rendimento o concentrado proteico de soja, popularmente chamado de farelo de soja, é o ingrediente vegetal mais utilizado na formulação de dietas, devido ao seu valor proteico (44 a 50% de proteína bruta), e adequado balanço de aminoácidos (Gatlin *et al*., 2007). É obtido pela limpeza da soja, quebra, descascamento, tratamento térmico, laminação, extração do óleo e dessolventização do farelo (Horan, 1974; Erikson, 1995) e têm como principal característica funcional a solubilidade, pois esta influência na maioria das outras propriedades, tais como: geleificação, capacidade espumante e emulsificante (Fennema, 2010). Por suas características funcionais é aplicado em diversos produtos alimentícios de panificação, produtos cárneos, e em alimentação animal.

De acordo com a literatura, concentrados proteicos de soja aumentam o rendimento quando utilizados com outras proteínas, como as lácteas; melhoram a estabilidade de espuma e atuam como tensoativo em sistemas óleo-água e ar-água; evitam a sinerese, principalmente se acompanhadas de fibras solúveis; e melhoram características reológicas e de

textura (Zhang *et al.*, 2005). Neste sentido este trabalho teve como objetivo a obtenção de queijo tipo tofu utilizando coagulante vegetal de limão (5-15%) e concentrado proteico de soja (0-10%) e avaliar o seu rendimento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos de soja utilizados neste estudo foram cedidos pela Granja Três de Jacutinga – RS, provenientes de cultivares convencionais, categoria S1, oriundas da região de Jacutinga – RS, da safra 2017/2018.

O EHS foi obtido pelo processamento dos grãos de soja, de acordo com metodologia de Benassi *et al.* (2011), com adaptações.

Primeiramente, 150g de grãos de soja foram selecionados, classificados, pesados e lavados, depois foram deixados macerando (imersos) em 500 mL de água destilada, à temperatura ambiente, por 16h. Posteriormente, os grãos foram drenados e pesados para avaliar a água absorvida (g água/100g grãos), conforme Equação 1. Em seguida, foi adicionado à soja água destilada à 90°C, considerando a água absorvida pelos grãos para que se completasse 1200 mL, com proporção final de 1:8 (m/v). Na sequência, foi realizada a trituração à quente em processador industrial (M. Vitrory, modelo HP 1/2), durante 3 min, em velocidade média-alta. O EHS foi separado do okara (resíduo) por meio de filtração à vácuo (Tecnal, modelo TE-058) em frasco kitasato de 2 L e funil de Büchner (diâmetro interno de 15 cm) forrado com tecido fino de náilon ("tunil") para retenção das partículas moídas dos grãos de soja.

O EHS foi obtido pelo processamento dos grãos de soja O tofu foi elaborado a partir da metodologia adaptada de Benassi *et al.* (2011), realizando a coagulação a partir do extrato vegetal de coagulante limão. Uma alíquota de 1,5 L do EHS foi tratada termicamente em recipiente coberto, sob fogo direto, até temperatura de 90°C, seguido de mais 10 min, em banho-maria em ebulição (Marconi®, modelo MA126).

Após o aquecimento, o EHS foi transferido para um recipiente de vidro e deixado arrefecer até a temperatura de coagulação, 80°C, de acordo com Schmidt *et al.* (2017). Atingida a temperatura, foi adicionado o coagulante vegetal (limão Taiti) obtido em um mercado local (Erechim/RS). O extrato coagulante de limão foi obtido de acordo com Adetunji *et al.* (2008). O limão foi lavado, descascado e espremido. 1 L de suco de limão foi obtido e adicionado de parte igual de tampão fosfato de sódio 20 mM (pH 7,2) (1:1 v/v). Após, foi realizada a centrifugação (Centrífuga MPW®, modelo 351R) a 5000 g por 30 min a 4°C e filtração a vácuo (Tecnal, modelo TE-058). As amostras foram armazenadas a 4°C até o momento da elaboração do tofu, aproximadamente 2 h.

Para a coagulação do tofu o pH do extrato de limão foi ajustado com ácido cítrico até pH 2,0 e adicionado concentrado proteico de soja (adquirido no comércio local), diretamente no EHS, homogeneizado com ajuda de mixer e deixado coagular por 40 min. As concentrações de extrato coagulante (limão 5-15%) e concentrado proteico de soja (0-10%) foram avaliadas por meio de planejamento de experimentos $2^2$ (com triplicata de ponto central). A quantidade de EHS foi mantida fixa (1,5 L).

Após a coagulação foi realizado o corte da coalhada através de liras em dois movimentos transversais lentos. A massa foi colocada em formas plásticas de aproximadamente 500 mL, perfuradas e forradas com "tunil", por aproximadamente 30 min. Após, foi retirada da forma e acondicionado em recipiente plástico fechado, embalado à vácuo e armazenado em geladeira a temperatura de 4°C, até o momento das análises. No tofu obtido foi realizada a análise de rendimento, o qual foi calculado de acordo com Benassi, Yamashita e Prudencio (2011), que dá ao tofu a proporção em massa corrigida para o volume parcial de EHS utilizado. A massa de cada tofu foi relacionada à massa inicial de grãos e o rendimento foi expresso em termos de g tofu/100g de grãos. Os resultados foram expressos em base úmida.

As determinações foram realizadas em triplicata e os resultados foram tratados estatisticamente mediante metodologia de planejamento de experimentos e, também mediante análise de variância (ANOVA), com auxílio do software Statistica versão 5.0, ao nível de significância de 95% de confiança.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabelas 1 esta apresentada as combinações entre as variáveis independentes (concentração de limão e concentração de concentrado proteico de soja) para cada um dos tratamentos, bem como os resultados de rendimento dos tofus.

Para os valores de rendimento verificou-se que o ensaio 3 obteve os maiores valores. Os resultados foram tratados estatisticamente pela análise de variância, onde foi possível obter o modelo codificado de primeira ordem (Equação 1), que descreve o rendimento em função das variáveis analisadas (concentração de limão e concentrado proteico de soja), onde observa-se que a variável concentrada proteica de soja apresentou efeito significativo positivo. Obteve-se um

coeficiente de correlação de 0,92 e F calculado de 1,96 vezes maior que o F tabelado, permitindo a construção da curva de contorno (Figura 1).

$$\text{Rendimento (\%)} = 28{,}02 + 10{,}51X_2 \quad (1)$$

Onde: $X_2$ é o concentrado proteico de soja

**Tabela 1**. Matriz do planejamento experimental fatorial $2^2$ com triplicata no ponto central e as variáveis codificadas (reais) e resposta de rendimento.

| | **Variáveis Independentes*** | | **Variável dependente** |
|---|---|---|---|
| **Ensaios** | **$X_1$** | **$X_2$** | **Rendimento (%)** |
| 1 | -1(5%) | -1 (0%) | 20,4 |
| 2 | 1(15%) | -1 (0%) | 17,57 |
| 3 | -1(5%) | 1 (10%) | 40,17 |
| 4 | 1(15%) | 1 (10%) | 39,86 |
| 5 | 0(10%) | 0 (5%) | 24,48 |
| 6 | 0(10%) | 0 (5%) | 26,36 |
| 7 | 0(10% | 0 (5%) | 27,30 |

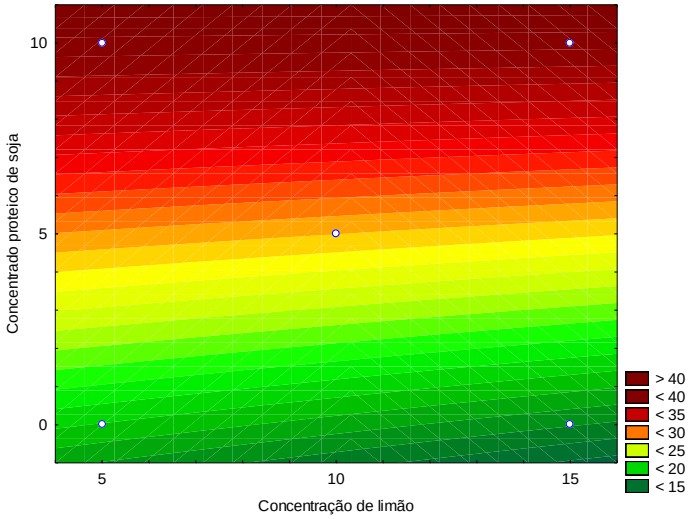
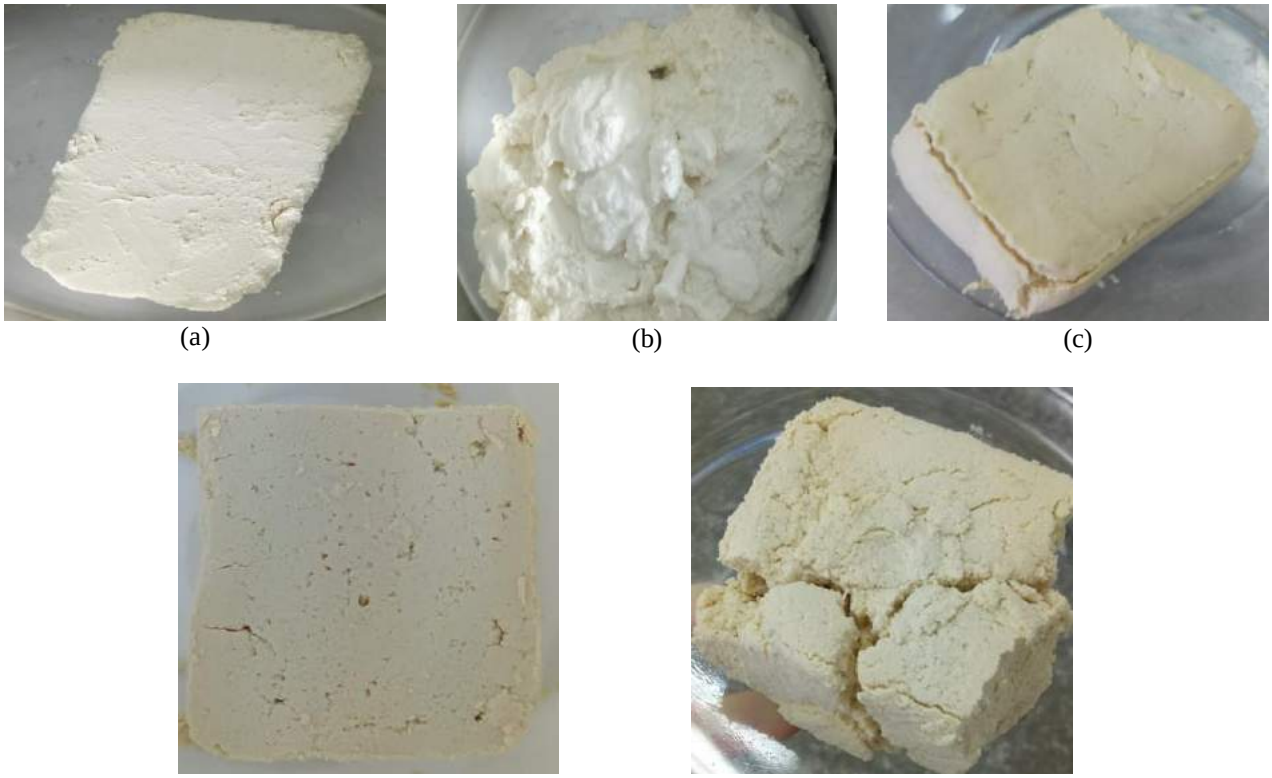



Figura 1. Curva de contorno do rendimento do tofu

Os rendimentos obtidos neste estudo são maiores do que os obtidos por Schmidt *et al*. (2017), devido a adição de concentrado proteico de soja, pois nos ensaios com maior adição deste obteve-se maiores rendimentos.

Na Figura 2 é apresentado o aspecto visual dos tofus dos 5 ensaios do planejamento de experimentos: a (ensaio 1), b (ensaio 2), c (ensaio 3), d (ensaio 4), e (ensaio 5-7).

Pode-se observar na Figura 2 (b) que o tofu apresentou um aspecto *soft*, o que está relacionado com o maior teor de umidade. O tofu do ensaio 3 (Figura 2 c), foi o que apresentou maior rendimento. Em relação ao aspecto visual, o tofu do ensaio 1 foi o que apresentou melhor consistência, quando comparado aos tofus comerciais.



(a) (b) (c)

(d) (e)

Figura 2. Aspecto visual dos tofus.

## 4. CONCLUSÃO

Após a elaboração de tofus com diferentes concentrações de coagulante de limão e concentrado proteico de soja, concluiu-se que o tofu do ensaio 3, que levou maior quantidade de concentrado proteico de soja, apresentou melhores resultados, visto que obteve maior rendimento.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI pela estrutura física utilizada no presente trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

Adetunji, v. o.; salawu, o. t. West African soft cheese ‘wara’ processed with Calotropis procera and Carica papaya: A comparative assessment of nutritional values. African Journal of Biotechnology, v.7, n.18, p.3360-3362, 2008.
Benassi, V. T.; Benassi, M. T.; Prudencio, S. H. Cultivares brasileiras de soja: Características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor. Semina: Ciências Agrárias, v.32, n.1, p.1901-1914, 2011.
Ciabotti, S.; Barcelos, M. F. P.; Pinheiro, A. C. M.; Clemente, P. R.; Lima, M. A. C. Características sensoriais e físicas de extratos e tofus de soja comum processada termicamente e livre de lipoxigenase. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.27, n.3, p.643-648, 2007.
Ciabotti, S.; Barcelos, M. F. P.; Cirillo, M. A.; Pinheiro, A. C. M. Propriedades tecnológicas e sensoriais de produto similar ao tofu obtido pela adição de soro de leite ao extrato de soja. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.29, n.2, p.346-353, 2009. ERIKSON, D.R. Practical Handbook of soybean processing and utilization, Saint Louis: AOCS Press, 1995.
Erikson, D.R. Practical Handbook of soybean processing and utilization, Saint Louis: AOCS Press, 1995.
Fennema, O.R. Química de alimentos. 4ªed. – Editora Artmed, 2010
Gatlin, D.M.; Barrows, F.T.; Brown, P.; Dabrowski, K.; Gaylord, T.G.; Hardy, R.W.; Herman, E.; Hu, G.;
Horan, F.E. Soy protein products and their production. Journal of the American Oil Chemists' Society. Champaign, v.51, 67A-73A, 1974.
Li, M.; Chen, F.; Bao Yang, Shaojuan Lai, Hongshun Yang, Kunlun Liu, Guanhao Bu, Caili Fu, Yun Deng. Preparation of organic tofu using organic compatible magnesium chloride incorporated with polysaccharide coagulants, In Food Chemistry, v.167, p., 168-174, 2015.

Mehl, F.; Marti, G.; Boccard, J.; Debrus, B.; Merle, P.; Delort, E.; Baroux, L.; Raymo, V.; Velazco, M. I.; Sommer, H.; Wolfender, J. L.; Rudaz, S. Differentiation of lemon essential oil based on volatile and non-volatile fractions with various analytical techniques: A metabolomic approach. Food Chemistry, v.143, p.325-335, 2014.
Poysa, V.; Woodrow, L.; Yu, K. Effect of soy protein subunit composition on tofu quality. Food Research International, Barking, v.39, n.3, p.309-317, 2006.
Rekha, C. R., Vijayalakshmi, G. Influence of processing parameters on the quality of soycurd (tofu). Journal of Food Science and Technology, 50(1), 176–180. 2013.
Rui X., Fu Y., Zhang Q, Li W., Zare F., Chen X., Jiang M.; Dong, M. A comparison study of bioaccessibility of soy protein gel induced by magnesiumchloride, glucono-δ-lactone and microbial transglutaminase LWT - Food Science and Technology, 71, 234-242, 2016.
Shmidt T. J., Cantelli K.; Steffens C., Steffens J.; Zeni J. Effects of vegetable coagulants in the production and storage of tofu. Global Science and Technology, v.10, n.01, p.188 - 198, 2017.
Trucom, C. O poder de cura do limão. Alaúde, 2 ed., 208 p., 2004.
Wrege, M. S.; Oliveira, R. P.; Lipp, J. P.; Koller, O. C.; Steinmetz, S.; Reisser, C. J.; Matzenauer, R. Zoneamento agroclimático para produção de limas ácidas e de limões no Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, v.156, 36 p., 2006.
Zhang, H.; Xi, W.; Yang, Y.; Zhou, X.; Liu, X.; Yin, S.; Zhang, J.; Zhou, Z. Na on-line HPLC-FRSD system for rapid evaluation of the total antioxidante capacity of Citrus fruit. Food Chemistry, v.172, p.622-629, 2015.

## 7.RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE COMERCIAL EM SUPORTE DE ALGINATO-GELATINA

**Gabriela De Bastos**
**Bethina Pascuetti Tres**
**Andressa Franco Denti**
**Carolina Elisa Demaman Oro**
**Tiago dos Santos Gonçalves**
**Bruna Maria Saorin Puton**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Rogério Marcos Dallago**
Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil. gabrieladebastos@outlook.com, bethinapascuetti@gmail.com, andressa.franco98@hotmail.com, carolinae.oro@hotmail.com, tiago.santos@ifc.edu.br, brunnaputon@hotmail.com, ilizandrafernandes@yahoo.com.br, dallago@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A utilização de enzimas em forma líquida, a qual se encontra em seu estado livre, possui algumas desvantagens, como menor estabilidade frente a condições adversas de pH e temperatura, além de possuir um alto custo de recuperação para a reutilização. Dessa forma, a técnica de imobilização enzimática se torna atrativa pois contorna estes problemas e ainda aumenta a estabilidade da enzima. Dentro deste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o rendimento de imobilização da lipase comercial Callera Trans L em suporte de alginato-gelatina. O resultado de rendimento de imobilização obtido de 1.449,36% mostrou uma forte afinidade da enzima pelo suporte, possibilitando a precipitação por afinidade.*

***Palavras-chave:*** *enzima, rendimento, alginato-gelatina, atividade enzimática.*

## 1. INTRODUÇÃO

As lipases (EC 3.1.1.3 triacilglicerol acil-hidrolases) possuem especificidade pelas ligações dos ésteres de ácidos carboxílicos, tendo como função biológica a conversão catalítica em diacilgliceróis, monoacilgliceróis, ácidos graxos livres e glicerol (Patil *et al.*, 2011; Stergiou *et al.*, 2013).

São reconhecidas como eficientes catalisadores para a biotransformação de óleos e gorduras em sistema aquoso e não aquoso, são resistentes à presença de altos teores de ácidos graxos livres, permitindo assim redução significativa do custo com matéria-prima a ser processada. São inúmeras as aplicações destas enzimas, incluindo refino ou reestruturação de óleo e gorduras, hidrólise de óleos, esterificação e incorporação de outros compostos em moléculas lipídicas (Khan e Alzohairy, 2010). Em função de sua diversidade catalítica, especificidade e seletividade, as lipases são amplamente utilizadas em diversos setores da indústria. Juntamente com outras enzimas hidrolíticas, representam 75 % das formulações enzimáticas comercializadas, destacando-se por atuarem também em sínteses orgânicas (Gupta *et al.*, 2015).

As enzimas em sua forma livre apresentam algumas desvantagens, pois são muito sensíveis a temperatura e ao pH, além da possibilidade de reuso no processo ser dificultada. Dessa forma, a melhora na estabilidade catalítica e na atividade da lipase pode ser realizada por meio do estudo da engenharia de proteínas, otimização de técnicas de engenharia metabólica e imobilização de enzimas (Hwang *et al.*, 2014).

A imobilização envolve tipicamente a fixação ou dispersão de uma enzima ou célula em um material insolúvel, para formar um sistema heterogêneo. Os métodos de imobilização são, em geral, usados para proteger a enzima do meio reacional, promovendo assim a manutenção ou o aumento na atividade catalítica (Sheldon e Van Pelt, 2013).

Enzimas imobilizadas em matriz de alginato de cálcio tem sido utilizadas na etapa de bioconversão, pois apresentam vantagens como a facilidade de separação das enzimas do produto final e a possibilidade de reutilização do biocatalisador imobilizado em bateladas repetidas de conversão (Carra *et al.*, 2015). Nesse processo de imobilização, uma solução de alginato de sódio contendo a enzima é misturada a uma solução de íons de cálcio. Ao gotejar a solução

que contém o alginato de sódio sobre a solução do íon cálcio ($Ca^{+2}$) ocorre a formação de uma rede polimérica de cálcio e alginato. mediante à ligação entre os blocos ácidos do alginato e íon $Ca^{+2}$ (Freitas, 2007).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o rendimento de imobilização da lipase Callera Trans L imobilizada em suporte de alginato-gelatina.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Termodinâmica/Separação e Mistura da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim.

Para a condução do estudo, foi utilizada a lipase solúvel Callera Trans L de *Thermomyces lanuginosus*, a qual foi produzida e gentilmente cedida pela Novozymes® (Dinamarca).

### 2.1 Imobilização em suporte polimérico inorgânico de alginato-gelatina

Na imobilização foi empregado gelatina e solução de $CaCl_2$, segundo método proposto por Shen (2011) e Vargas (2013), com modificações. Para o preparo da solução gel, adicionou-se 10 mL de solução tampão oxalato de sódio (pH 5) e 2% de alginato de sódio em um béquer de vidro, que foi aquecido em micro-ondas (~60 ºC) até a dissolução do alginato e homogeneização da mistura. Após o resfriamento da solução gel, acrescentou-se 3 mL de extrato enzimático (Callera Trans L). O gel formado foi gotejado em 50 mL de solução de $CaCl_2$ 75 mmol/L previamente preparada com 1% de gelatina. Em seguida, as microesferas foram lavadas com 100 mL de água destilada e 100 mL de tampão acetato de sódio (100 mM, pH 5) e então, as esferas foram armazenadas sob refrigeração.

#### 2.1.1 Rendimento de imobilização

O rendimento da imobilização (RI) foi quantificado através da atividade de esterificação da enzima Callera Trans L em sua forma livre e imobilizada em suporte de alginato-gelatina, bem como no sobrendante. O cálculo do rendimento foi realizado de acordo com a Equação 1.

$$RI(\%) = \frac{(U_L - U_S)}{U_T} .100 \tag{1}$$

Sendo: RI = Rendimento (%); $U_L$= Atividade da enzima livre oferecida (U/mL); $U_S$ = Atividade enzimática do sobrenadante (U/mL); $U_T$ = Atividade enzimática do imobilizadado (U/g).

### 2.2 Determinação da atividade de esterificação

A atividade de esterificação da lipase livre e imobilizada foi quantificada através da reação de síntese do ácido oleico e etanol (razão molar 1:3 (v/v)). A metodologia apresentada é modificada da descrita por (Ferraz et al., 2012). Após a realização do ensaio em branco (sem enzima), para determinar a acidez do meio reacional, foi realizada a adição da enzima livre e imobilizada (aproximadamente 0,1g). A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados e mantidos em agitador orbital a 160 rpm, 40 °C e 40 minutos. Alíquotas de 500 µL foram retiradas do meio reacional em triplicata e a cada amostra foi adicionado 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1), para paralisar e estabilizar a reação.

A quantidade de ácido consumida foi determinada por titulação com hidróxido de sódio (NaOH) 0,05 M. Uma unidade de atividade enzimática é definida como a quantidade de enzima que consome 1µmol de ácido graxo por minuto, nas condições do ensaio. A atividade enzimática foi calculada utilizando a Equação 2.

$$AE = \frac{(Vb - Va).M.1000.Vf}{t.Mel\ .Vc} \tag{2}$$

Sendo: $AE$ = Atividade de esterificação (U/g); $V_a$ = Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 min (mL); $V_b$ = Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada no tempo 0 (mL); $M$ = Molaridade da solução de NaOH; $V_f$ = Volume final de meio reacional (mL); $t$ = Tempo (min); $M_{EL}$ = Peso da enzima livre (solução enzimática)/imobilizada; $V_c$ = Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento é um parâmetro utilizado para determinar a eficiência do processo de imobilização, sendo mais eficiente na medida em que se consiga imobilizar a maior quantidade de enzima possível. Após o encapsulamento do

extrato enzimático, realizou-se a determinação do rendimento de imobilização. A Tabela 1 apresenta os resultados de rendimento obtidos para a enzima Callera Trans L.

Tabela 1 - Resultados referentes ao rendimento de imobilização em gelatina-alginato para a enzima Callera Trans L.

| Parâmetros experimentais | Callera Trans L |
|---|---|
| Volume de extrato enzimático (mL) | 3,0 |
| Atividade do extrato (U/mL) | 49,83 |
| Atividade total oferecida (U) | 149,49 |
| Massa de imobilizado (g) | 8,31 |
| Atividade do imobilizado (U/g) | 195,15 |
| Atividade total no imobilizado (U) | 1.621,69 |
| Volume de sobrenadante (mL) | 47,0 |
| Atividade do sobrenadante (U/mL) | 0,8 |
| Atividade total/sobrenadante (U) | 37,6 |
| Atividade teórica total no imobilizado (U) * | 111,89 |
| Rendimento de imobilização (%) ** | 1.449,36 |

* Diferença entre a atividade total oferecida (149,49 U) e a atividade total no sobrenadante (37,6 U);
** Comparativo entre a atividade total teórica no imobilizado (111,89 U) e a atividade total no imobilizado obtida experimentalmente (1.621,69 U);
Obs. 1: Os ensaios em branco, ou seja, conduzidos com o suporte e o sobrenadante oriundos de uma simulação de imobilização sem o extrato enzimático, não apresentaram atividade.

A enzima em estudo mostrou um rendimento de imobilização relativamente alto no suporte testado no presente trabalho. A sua conformação livre é muito instável, sendo possível observar que esta enzima em particular precisa de um suporte para obter a sua melhor performance.

Gaio (2016) estudou o comportamento de imobilização em suporte de alginato-gelatina para dois complexos comerciais de pectinases. Ele observou o maior rendimento de imobilização (316,0%) obtido pela enzima PMGL do complexo enzimático pectinolítico Pectinex® Mash, seguido de 309,9% da enzima PMGL do complexo enzimático Pectinex® Ultra SP-L, 268,5% da enzima PME, do complexo enzimático pectinolítico Pectinex® Ultra SP-L e 189,2 da enzima PME do complexo enzimático pectinolítico Pectinex® Mash.

Bustamante-Vargas et al. (2015) estudaram a imobilização de um extrato pectinolítico de *A. niger* ATCC 9642, em suporte de gelatina, alginato de sódio e oxalato de cálcio, obtido através do método de mineralização biomimética. A maior eficiência de imobilização foi de 72,7%.

## 4. CONCLUSÃO

O resultado de rendimento de imobilização (1.449,36%) indica efeito positivo no suporte de alginato-gelatina sobre a atividade da enzima, proporcionando uma tendência que pode estar relacionada com vários fatores como a disponibilização, facilidade do acesso de novos sítios ativos, além de facilitar a separação do meio reacional, sem contaminação do produto final pela enzima e melhor controle do processo, além da possibilidade da reutilização do biocatalisador imobilizado.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

Bustamante-Vargas, C. E.; Mignoni, M. L.; De Oliveira, D.; Venquiaruto, L. D.; Valduga, E.; Toniazzo, G.; Dallago, R. M. 2015. Synthesis of a hybrid polymer-inorganic biomimetic support incorporating in situ pectinase from *Aspergillus niger* ATCC 9642. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, v. 38, n. 8, p. 1569-77.

Carra, S.; Rodrigues, D.C.; Beraldo, N.M.C.; Silveira, M.M.; Bassani, V.L.; Malvessi, E. 2015. Reuso de células imobilizadas de Zymomonas mobilis para a produção de ácido lactobiônico. *XX SINAFERM*, Fortaleza, CE.

Freitas, F.F. 2007. *Otimização do processo de imobilização de β – galactosidase de* Aspergillus oryzae *em alginato de sódio com gelatina e glutaraldeído.* 228 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia.

Gaio, I. *Avaliação da atividade e estabilidade de pectinases comerciais imobilizadas e submetidas ao tratamento com gás liquefeito de petróleo (GLP)*. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Química e de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 224 f.

Gupta, R.; Kumari, A.; Syal, P.; Singh, Y. 2015. Molecular and functional diversity of yeast and fungal lipases: Their role in biotechnology and cellular physiology. *Progress in Lipid Research*, v. 57, p. 40-54.

Hwang, H.T.; Qi, F.; Yuan, C.; Zhao, X.; Ramkrishma, D.; Liu, D. 2014. Processo catalisada por lipase para a produção de biodiesel: engenharia de proteínas e produção de lípase. *Biotechnology Bioengineering*, v. 111, p. 639-653.

Khan, A.A.; Alzohairy, M.A. 2010. Recent advances and applications of immobilized enzyme technologies: a review. *Research Journal of Biological Sciences*, v. 5, p. 565–575.

Patil, K.J.; Chopda, M.Z.; Mahajan, R.T. 2011. Lipase Biodiversity. *Indian Journal of Science and Technology*, v.4, p.971-982.

Sheldon, R.A.; Van Pelt, S. 2013. Enzyme immobilisation in biocatalysis: why, what and how, *Chemical Society Reviews*, 42, 6223.

Shen, Q.; Yanga, R.; Hua, X.; Ye, F.; Zhang, W.; Zhao, W. 2011. Gelatin-templated biomimetic calcification for β-galactosidase immobilization. *Process Biochemistry*, v. 46, p. 1565–1571.

Stergiou, P.Y.; Foukis, A.; Fillipou, M.; Koukouritaki, M.; Parapouli, M.; Theodorou, L.G.; Hatziloukas, E.; Afendra, A.; Pandey, A.; Papamichael, E.M. 2013. Advances in lipases-catalyzed esterification reactions. *Biotechnology Advances*, v.31, p.1846-1859.

Vargas, C. E. B. 2013. *Estudo da Imobilização do Extrato Enzimático Pectinolítico de Aspergillus niger ATTCC 9642 em Matriz Polimérica - Inorgânica*. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da URI-Erechim, Erechim.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL MELAÇO DE SOJA HIDROLISADO UTILIZANDO *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

**Dupont, Gabriele Kuhn**
**Leidens, Nataly**
**Nunes, Isaac dos Santos**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Rua Universidade das Missões, 464 – CEP: 98802-470 – Santo Ângelo – RS – Brasil.
gabrielekdupont@aluno.santoangelo.uri.br
nataly@san.uri,br
isaac.eq@san.uri,br

**Resumo.** *O processamento da soja, um dos principais cultivos do Brasil, gera grandes quantidades de um resíduo chamado melaço de soja, que é rico em açúcares. Desta forma, o melaço de soja encontra-se como uma matéria-prima natural, de grande potencial para produção de etanol como biocombustível, por via fermentativa. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o melaço de soja enquanto substrato para a produção de etanol, por meio do processo de fermentação utilizando a levedura Saccharomyces cerevisiae, em concentração de 35 g/L e hidrólise com ácido clorídrico em pH 3. Os processos foram realizados em triplicata, em frascos com airlock e, ao longo do processo de fermentação, o teor de açúcares totais foi medido em grau Brix, com um refratômetro de bancada. Ao final, foi determinado o rendimento da produção de etanol. Determinou-se também, a concentração total de açúcares redutores em amostras iniciais e hidrolisadas, pelo método de DNS, para verificar o melhor tempo de hidrólise. Os resultados apontaram que, após sete dias, as fermentações findaram-se, com rendimentos semelhantes, com valor máximo de 18,93%. Estes são considerados positivos, em virtude de terem sido utilizados frascos adaptados para as fermentações e por tratar-se do aproveitamento de um resíduo agroindustrial.*

***Palavras-chave:*** *Resíduo agroindustrial, melaço de soja, etanol, fermentação, Saccharomyces cerevisiae.*

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (IBGE, 2017), no segundo trimestre de 2017, a produção da soja alcançou cerca de 115,0 milhões de toneladas. Isto deferiu um crescimento na estimativa de produção anual e ganho de produtividade de 19,7% para a oleaginosa em relação ao ano anterior. Além da soja caracterizar-se por ser de uma cultura versátil em relação ao seu plantio, o mesmo se encontra em seu beneficiamento, pois pode ser empregado tanto na alimentação humana como animal (Loman; Ju, 2016).

Com o processamento atual da soja, são geradas grandes quantidades de derivados e a partir deles consequentemente, uma demanda proporcional de resíduos. Isto faz com que as indústrias invistam em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, transformando o farelo de soja, que é um subproduto da extração de óleo, rico em proteína, em concentrado proteico de soja. Durante a produção do concentrado proteico de soja, também é produzido um resíduo denominado melaço de soja, o qual detém considerável teor de carboidratos (Loman; Ju, 2016). O melaço tem uma geração de acordo com Letti *et al.* (*20*12) e Siqueira *et al.* (2008), em torno de 200 kg a cada 800 kg de concentrado proteico de soja, dado que, segundo Salakkama *et al.* (2017), são produzidas cerca de 14 milhões de toneladas de resíduos anualmente nas indústrias processadoras de soja.

À frente desse âmbito de geração de resíduos, seu descarte representa um problema significativo, posto que o melaço de soja durante sua degradação pode poluir os lençóis freáticos e o ar, pela formação de gases de matéria orgânica. Em vista disso, o melaço de soja tem sido aplicado em processos para produção de vários produtos, entre eles, destaca-se o álcool etílico (Loman; Ju, 2016).

O álcool etílico ou etanol é um combustível alternativo, que tem ganhado importância por ser incorporado à gasolina como um aditivo em razão de sua combustão mais limpa e de sua renovabilidade. Além disso, o etanol pode ser facilmente produzido por rota fermentativa (Salakkama, *et al.*, 2017). Desta forma, o melaço de soja contendo alto teores de açúcar, com quantidades relevantes de nitrogênio, nutrientes necessários durante a fermentação, torna-se um

substrato alternativo para produzir etanol. Outra vantagem que favorece seu emprego como matéria-prima, é que o melaço por ser originado de uma fonte de recurso natural renovável, constitui-se como um resíduo agroindustrial de baixo custo, auxiliando ainda em seu direcionamento final (Letti *et al.* 2012).

O melaço de soja contém alta concentração de açúcares, cerca de 57% em massa seca, como frutose, glicose e principalmente sacarose, tanto quanto estaquiose e rafinose. Entretanto, no melaço existem aproximadamente 47% de açúcares que não são diretamente fermentescíveis. Em vista disso, faz-se necessário o processo de hidrólise anteriormente ao da fermentação (Siqueira *et al.*, 2008).

Diante desse contexto, este trabalho tem como finalidade principal o emprego do melaço de soja, um subproduto do processamento de soja, no processo de fermentação alcoólica utilizando como agente de fermentação *Saccharomyces cerevisiae*, que transforma os açucares presentes no substrato em etanol.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Matérias-primas e procedimentos experimentais

Utilizou-se de uma cepa de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, que foi adquirida no comércio local e empregou-se como matéria-prima o melaço de soja, o qual foi fornecido por uma empresa localizada no estado de Goiás.

Para dar início aos procedimentos experimentais, primeiramente, procedeu-se a etapa de diluição do melaço de soja com água destilada, numa proporção de 1:4 (m/m), para um volume total de 112 mL. Desta maneira, foram preparadas 9 soluções. Em seguida, realizou-se hidrólise ácida a essas soluções diluídas, que referem-se ao mosto, com ácido clorídrico, até atingir pH igual a 3. Após, aqueceu-se a solução a uma temperatura em torno de 90 °C, por 30 ou 60 min, tempo pelo qual, foi definido após a determinação dos açúcares redutores nessas amostras hidrolisadas. A reação foi paralisada com a imersão da mistura em banho de gelo. Sequencialmente, o pH foi ajustado para 4,5, para o qual empregou-se uma solução de Hidróxido de sódio. Ajustes finos foram realizados com soluções de 0,1 mol $L^{-1}$ de HCl e de 0,1 mol $L^{-1}$ de NaOH.

Figura 1. Recipiente para fermentação

Separadamente, preparou-se uma solução de 35 g/L de *Saccharomyces cerevisiae* em um volume de 48 mL de água destilada, correspondente ao inóculo, que referiu-se a 30% da solução, dado que, o volume restante (70%), tratou-se da solução do mosto diluído. Ao total, preparam-se soluções de 160 mL. Seguidamente, realizou-se a hidratação das leveduras, sob agitação, uma mesa agitadora orbital (Cientec), a 110 rpm, durante 2 horas. Após, juntou-se as leveduras hidratadas ao mosto já hidrolisado e iniciou-se a fermentação. Esta, sucedeu-se em um recipiente adaptado para os processos fermentativos, com um *Airlock*, para permitir a saída de gás carbônico formado durante a fermentação do mosto e impedir a entrada de ar contaminado no fermentador, como ilustra a Fig. 1.

Nas primeiras 24 h de fermentação, foram recolhidas 4 amostras de 1 mL, com o auxílio de uma seringa, para verificar o teor de açúcares em grau Brix, em um Refratômetro de bancada (Abbe). Isto sucedeu-se, de forma que à medida em que foram realizadas as coletas, as soluções foram descartadas. Nos demais dias foram recolhidas amostras apenas 1 vez ao dia sempre no mesmo horário. Findou-se a fermentação quando se notou que não houve mais variação na quantidade de açúcares.

Após o término da fermentação, a solução resultante foi submetida à filtração à vácuo, de forma que a suspensão de leveduras fosse removida. Posteriormente, para destilação à vácuo em rotaevaporador (Fisatom modelo 550), a uma temperatura em torno de 78 °C, até que toda a solução de etanol fosse coletada. Em sequência ao processo de

evaporação do etanol, realizou-se o método da medição da massa específica por picnometria, em triplicata, para a solução recolhida no balão de fundo redondo, utilizando-se um picnômetro de 25 mL, o qual foi anteriormente calibrado com água. Para o cálculo da massa específica em $g.cm^{-3}$, dividiu-se a massa da amostra em g, pelo volume do picnômetro, dado em $cm^3$. O rendimento com base no material de partida foi calculado dividindo-se a massa de etanol produzida pela massa de melaço de soja inicialmente submetida à hidrólise.

### 2.2 Determinação de açúcares redutores (DNS)

Primeiramente, utilizou-se do método DNS para determinação de açúcares redutores (AR) na amostra de melaço de soja inicial diluída e nas hidrolisadas pelos tempos de 30 e 60 min, empregando-se a metodologia pesquisada pela Embrapa, coordenada por Maldonade *et al.*, (2013). Para isto, inicialmente construiu-se a curva de calibração dos açúcares monossacarídeos glicose e frutose, presentes no melaço, a partir de 10 diluições, de uma solução padrão de 1,0 g/L, de cada açúcar.

Seguidamente a construção das curvas de calibração, realizou-se o teste de DNS às amostras devidamente diluídas, em que, primeiro transferiu-se 1,0 mL de cada amostra, para um tubo de ensaio, como também 1,0 mL do reagente DNS. Após, agitou-se o tubo de ensaio e depois aqueceu-se em banho Maria a 100 °C por 5 min. Ao término do aquecimento, colocou-se o tubo de ensaio em banho de gelo por 5 min. Depois, adicionou-se 16 mL de uma solução de tartarato duplo de sódio e potássio. Por fim, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro UV-VIS (Shimadzu), a 540 nm, comprimento de onda pelo qual o ácido 3,5-dinitrosalicílico após reduzido, têm absorção máxima de luz.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Concentração de açúcares redutores

A partir dos dados das leituras das absorbâncias dos açúcares redutores com suas respectivas concentrações, encontraram-se os coeficientes de correlação das retas obtidas na calibração para quantificação dos açúcares glicose e frutose, que foram 0,9931 e 0,992, respectivamente.

A Tab. 1, apresenta os resultados das absorbâncias verificadas por espectrofotometria, para as amostras inicial e hidrolisadas pelos tempos de 30 e 60 min em duplicata, e suas respectivas concentrações encontradas com as equações das retas das curvas de calibração de cada açúcar.

Tabela 1. Concentração de açúcar redutor na amostra inicial e nas amostras hidrolisadas

| | Abs Média | Glicose(1) | Frutose(1) | AR final(1) |
|---|---|---|---|---|
| Amostra inicial (1:7) | 0,481 | 6,24 | 4,46 | 10,70 |
| Amostra hidrolisada (30 min) (1:28) | 0,424 | 22,30 | 15,61 | 37,91 |
| Amostra hidrolisada (60 min) (1:28) | 0,429 | 22,53 | 15,80 | 38,33 |

(1) concentração em ($g.L^{-1}$)

A absorbância média apresentada na Tab. 1, refere-se à média das absorbâncias lidas em duplicada para cada amostra. Ainda, foi necessário diluir as amostras, para que se enquadrassem dentro do intervalo das curvas de calibração de cada açúcar. Posto isso, a amostra inicial foi diluída 7 vezes e as amostras hidrolisadas 28 vezes. Observa-se que, na amostra inicial de melaço de soja, há uma concentração de 6,24 $g.L^{-1}$ de glicose e 4,46 $g.L^{-1}$ de frutose, o que remete a uma concentração total de açúcares redutores de 10,70 $g.L^{-1}$. Em relação às amostras hidrolisadas, verifica-se que após um tempo de 30 e 60 min de aquecimento ocorreu uma elevação considerável na concentração de açúcares redutores, para 37,91 e 38,33 $g.L^{-1}$. Estes dados, indicam um aumento de mais de 3,5 vezes, na disponibilidade de açúcares monossacarídeos, os quais são, segundo Lima *et al.* (2001), diretamente fermentescíveis.

Na hidrólise ácida, quando uma solução açucarada é fervida em presença de um ácido, a molécula de sacarose é quebrada e tem a formação de glicose e frutose (Silva *et al.*, 2016). Ainda, de acordo com Letti *et al.* (2012), Romão (2011), Siqueira *et al.* (2008), há cerca de 28,3% de sacarose no melaço em massa seca, e apenas 0,243% e 0,127% de glicose e frutose, respectivamente. Desta forma, após a quebra do açúcar sacarose por exemplo, além de outros dissacarídeos presentes no melaço de soja, ocorre a formação de muitas moléculas de açúcares menores como a glicose e a frutose. Observa-se também que foram encontradas, tanto para as amostras iniciais como para as hidrolisadas quantidades superiores de glicose, o que vai de encontro com o apresentado pelos mesmos autores.

Em relação à composição de AR encontrado após uma hidrólise de 30 e 60 min, pode-se dizer que não houve maior quebra de açúcares aquecendo-se por mais 30 min. Diante disso, não se torna viável hidrolisar por 60 min uma solução, pelo seu consumo energético, já que não ocorre grande diferença na quantidade de açúcar disponível para fermentar. Por este motivo, para este trabalho, empregou-se uma hidrólise de 30 min para os testes de fermentação.

### 3.2 Produção de etanol

A Fig. 2, apresenta a cinética de consumo médio na concentração de açúcares em °Brix dos 3 ensaios e seus respectivos desvios padrão, à medida em que foram coletadas as amostras destrutivas.

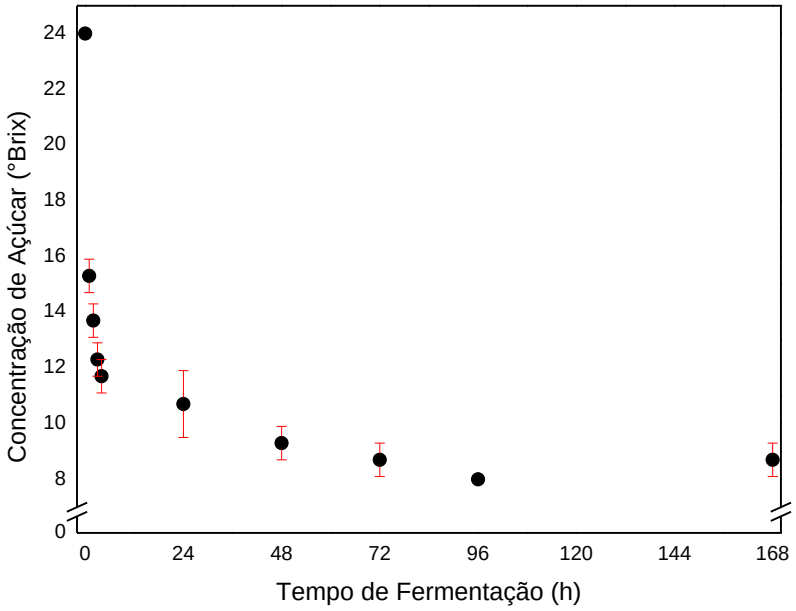



Figura 2 - Cinética de consumo de açúcar

De acordo com a Fig. 2, foi observado que na primeira hora de fermentação ocorreu uma variação brusca na quantidade de açúcares, de 24 °Brix para uma média de cerca de 15,3 ± 0,6 °Brix, nos 3 ensaios realizados. Nas horas seguintes, o consumo de açúcares foi mais moderado, com menores desvios nos valores de concentração entre as 3 amostras. Após 24 h de fermentação, pode-se analisar, que a quantidade de açúcares havia diminuído aproximadamente pela metade, com uma média de aproximadamente 11 ± 1,2 °Brix. A variação do consumo de açúcares começou a cessar a partir do quarto dia (96 h) de fermentação, quando foi observado de acordo com a Fig. 2, concentrações iguais a 8 °Brix, nas amostras dos 3 ensaios. Após o final de semana, foi coletada mais uma amostra em cada ensaio, referente ao sétimo dia (168 h), em que observou-se que não ocorreu mais diminuição na quantidade de açúcares, momento em que finalizou-se a fermentação.

Menezes *et al.* (2014), observaram que no decorrer das horas ocorreu a redução na concentração dos açúcares redutores, em virtude da ação das leveduras, as quais entraram em contato com o mosto, convertendo os açúcares redutores em etanol, um dos principais produtos da fermentação alcoólica. Isto decorre, principalmente nos primeiros momentos do contato das leveduras com os açúcares. Estas informações estão de acordo com os resultados apresentados na Fig. 2.

Em relação ao término da fermentação, esta findou-se, pois foi observada uma estabilização no consumo de açúcares. No entanto, a amostra final ainda possuía uma certa concentração dos mesmos, com uma média de concentração nos 3 ensaios, de 8,7 °Brix. O mesmo foi verificado por Homem e Costa (2016), que empregaram *Saccharomyces cerevisiae* como levedura para fermentação alcoólica do substrato hidrolisado de bagaço de laranja (*in natura*). Ao final dos ensaios fermentativos os autores observaram que não houve total consumo dos açúcares do meio, pois encontrou-se ainda 7,25 °Brix na amostra final, o que ocorreu possivelmente devido à saturação das leveduras presentes no inóculo depois de um determinado período. Os resultados obtidos neste estudo tiveram início com um substrato de 24 °Brix e término com uma média de 8,7 °Brix, o que permite dizer que cerca de 64% dos açúcares foram consumidos, quantidade considerável para uma fermentação realizada em recipientes adaptados para fermentação, que não permitiram as melhores condições para que as leveduras atuassem.

Silva *et al*. (2012) verificaram que o melaço de soja hidrolisado fermentado em um biorreator em temperatura controlada de 35 °C e inóculo com 30 $g.L^{-1}$ de *Saccharomyces cerevisiae* apresentou um rendimento de etanol 10,4% maior e uma menor concentração de açúcar residual, quando comparado ao melaço de soja não hidrolisado. Diante disso, mesmo em melhores condições de fermentação com a amostra hidrolisada e com controle de temperatura em um fermentador mais apropriado, ainda podem restar açúcares que não serão transformados em etanol e gás carbônico.

A Tab. 2 apresenta as massas específicas encontradas para cada amostra de destilado final, realizada em triplicata, além das quantidades referentes de etanol e seu rendimento quanto ao volume de 28 mL de melaço de soja, empregado inicialmente.

Tabela 2. Concentração de etanol e água com base na massa específica encontrada

| Ensaio | ρ (kg.m$^{-3}$) | %etanol | Volume destilado (mL) | Volume etanol (mL) | Rendimento (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 989,30 | 5,00 | 105 | 5,25 | 18,75 |
| 2 | 990,97 | 3,82 | 138 | 5,27 | 18,83 |
| 3 | 991,76 | 3,42 | 155 | 5,30 | 18,93 |

Com base na massa específica calculada para cada solução de acordo com a Tab. 2, e tendo como referência os dados apresentados por Brasil (2013), que relaciona a quantidade de etanol e água a partir da massa específica de uma solução, pode-se encontrar a composição de etanol em cada amostra. Observa-se que, em todos os 3 ensaios, encontraram-se volumes próximos de etanol e consequentemente rendimentos semelhantes, de 18,75, 18,83 e 18,93%, para os ensaios 1, 2 e 3, respecitivamente. Posto isso, pode-se dizer que os resultados foram abaixo do esperado, mas reproduziram-se de forma uniforme diante das mesmas condições impostas para os 3 ensaios.

Letti *et al.* (2012), realizaram testes para comparar os rendimentos de fermentação utilizando o microrganismo *Zymomonas mobilis* NRRL 806 em frascos e em um reator de bancada. Por meio destes, foi possível obter produções de 24,2 e 29,3 g.L$^{-1}$ de etanol, respectivamente. Em vista disso, pode-se dizer que mesmo utilizando frascos como recipientes fermentativos, pode-se produzir quantidades importantes de álcool.

Siqueira *et al.* (2008), realizaram um estudo para desenvolver um bioprocesso econômico para produzir o bioetanol, a partir do melaço de soja em escala laboratorial com cepa de *Saccharomyces cerevisiae* com concentração de sólidos solúveis de 30% (p/v), sem ajuste de pH ou suplementação com as fontes minerais. O processo sucedeu-se em um biorreator em escala de bancada, e resultou em uma produtividade do etanol de 8,08 g.L$^{-1}$.h$^{-1}$ e 45,4%. Isso significa, que em recipientes fermentativos, mais adequados, pode-se obter melhores rendimentos na etapa da fermentação, mesmo sem controle de pH ou adição de nutrientes, maneira semelhante a implementada neste trabalho.

Diante do rendimento encontrado, pode-se dizer que um dos fatores que influenciaram na produção de etanol pode ter ocorrido possivelmente uma infecção bacteriana durante o processo fermentativo, pois observou-se a formação de flocos durante a fermentação, os quais depositavam-se ao fundo dos recipientes de vidro, e mesmo com agitação, não participavam por completo do processo. Este tipo de contaminação, de acordo com Prado (2014), diminui o rendimento da produção de álcool, devido ao consumo dos açúcares pelas bactérias. Além disso, pode promover a formação de goma, floculação do fermento, inibição do crescimento e queda da viabilidade das leveduras. Outro aspecto negativo é a queda de produtividade da fermentação.

Recentemente, Tomás-Pejó e Olsson (2015), em seus estudos sobre a influência da adição de hidrolisado durante a propagação da levedura usando uma xilose industrial consumindo *Saccharomyces cerevisiae*, verificaram um grande efeito no desempenho das leveduras, quando implementada esta estratégia, aumentando os rendimentos finais da produção de etanol em 80%. Os autores analisaram que o desenvolvimento de cepas de levedura que são tolerantes aos inibidores presentes nos hidrolisados lignocelulósicos é crucial para alcançar processos eficientes de produção de bioetanol.

Romaní *et al.* (2015), empregaram em seu trabalho uma cepa modificada da *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação do hidrolisado de espiga de milho e encontraram um rendimento de 0,47 g de etanol por g de açúcares totais, correspondendo a 92% do rendimento teórico. Diante disso, pode-se averiguar que se pode alcançar maiores rendimentos em processos fermentativos, com modificações no tratamento da levedura empregada, o que se distingue dos objetivos deste estudo, mas que pode resultar em observações otimizadas para estudos futuros.

Tendo em vista o desenvolvimento de biocombustíveis, os quais surgem como uma alternativa de energia renovável e menos poluente, aliado ao resíduo melaço de soja originado de uma fonte de recurso natural de baixo custo e que apresenta nutrientes necessários à fermentação, o objetivo principal deste trabalho foi utilizar este resíduo para a produção de etanol via processos fermentativos.

A fim de atender os objetivos propostos neste trabalho, foi determinada primeiramente a concentração de açúcares redutores nas amostras inicial e hidrolisadas, para verificar a variação na concentração dos monossacarídeos glicose e frutose após hidrolises de 30 e 60 min. Os resultados apontaram que inicialmente a amostra de melaço possuía 10,70 g.L$^{-1}$ e que, após aquecimento por 30 min, em 90 ºC, ocorreu uma elevação considerável na concentração de AR para 37,91 g.L$^{-1}$. Ainda, com mais 30 min, não ocorreram grandes variações, alcançando-se 38,33 g.L$^{-1}$. Diante disso, realizaram-se os ensaios de fermentação em triplicata, empregando-se uma hidrólise ácida de 30 min. Os resultados demostraram, que foi necessário um período de sete dias de transformação dos açúcares presentes no melaço de soja em etanol para se atingir o equilíbrio. Além disso, encontraram-se rendimentos similares para os 3 ensaios, com uma média

de 18,84%, com destaque para o ensaio 3, em que a solução final apresentou 18,93% de rendimento, com 5,3 mL de etanol a partir de 28 ml de melaço de soja.

Mesmo com resultados abaixo do esperado, estes são considerados aceitáveis e positivos, em virtude de terem sido utilizadas vidrarias adaptadas para as fermentações, que provavelmente não tiveram vedação adequada para impossibilitar a evaporação do etanol e a contaminação das leveduras, além da falta do controle de temperatura. Por conseguinte, pode-se dizer que este trabalho foi de grande aplicabilidade, pois foi possível ratificar que o melaço de soja pode ser utilizado como substrato de fermentação para a produção de etanol. Além disso, trata-se de um processo de grande potencial tanto econômico como sustentável, em decorrência de minimizar a necessidade de tratamento e disposição de um resíduo agroindustrial gerado em grandes quantidades.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil, N. I., 2013, *Introdução à Engenharia Química.* 3ª. Rio de Janeiro: Interciência.

Homem, C.L.G. e Costa, J.R.C., 2016. "Estudo da Fermentação Alcoólica do Hidrolisado de Bagaço de Laranja por Saccharomyces cerevisiae." *In: V Semana de Engenharia Química UFES - Universidade Federal do Espírito Santo.* Alegre, ES: Blucher.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 22 Nov. 2017. "Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das Safras Agrícolas no ano civil." Nov. 2017. <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2017/Prognostico_201711.pdf>

Letti, L.A.J., Karp, S.G. e Woiciechowski, A.L., 2012. "Ethanol production from soybean molasses by Zymomonas." *Biomass and Bioenergy*, Vol. 43, p. 80-86.

Lima, U.A., Aquarone, E., Borzani, E. e Schimidell, E.W., 2001. *Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos.* 1ª. Vol. III. São Paulo: Edgard Blücher LTDA.

Loman, A.A. e Ju, L., 2016. "Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals." *Process Biochemistry*, Vol. 51, p. 1046-1057.

Maldonade, I.R., Carvalho, P.G.B. e Ferreira, N.A., Mar. 2013. "Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS." *Comunicado Técnico 85*, EMBRAPA.

Menezes, A.G.T.,Menezes, E.G.T. e Alves, J.G.L.F., 2014. "Produção de vodca a partir de batata (Solanum tuberosum L.) cultivar ágata, utilizando Saccharomyces cerevisiae." *In: XX COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química.* Florianópolis, SC.

Prado, J.L., 2014. *Uso de antibióticos convencionais e antimicrobianos a base de lúpulo no controle da infecção bacteriana em Fermentação alcoólica.* 55 p. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Botucatu, SP.

Romaní, A., Pereira, F., Johansson, B. e Domingues, L., 2015. "Metabolic engineering of Saccharomyces cerevisiae ethanol strains PE-2 and CAT-1 for efficient lignocellulosic fermentation." *Bioresource Technology*, Vol. 179, p. 150-158.

Romão, B.B, 2017. *Produção de etanol por hidrólise ácida do melaço de soja*. 93 p. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e desenvolvimento de Processos Químicos), Faculdade Federak de Uberlândia, Uberlândia, MG.

Salakkama, A., Kingphoa, Y., Najunhoma, S., Aiamsonthia, K., Kaewlaoa, S., e Reungsanga, A., 2017. "Bioconversion of soybean residue for use as alternative nutrient." *Biochemical Engineering Journal*, Vol. 125, p. 65-72.

Silva, F. B., Romão, B.B., Cardoso, V.L., Coutinho Filho, U. e Ribeiro, E. J., 2012. "Production of ethanol from enzymatically hydrolyzed soybean molasses." *Biochemical Engineering Journal*, Vol. 69, p. 61-68.

Silva, S.D. dos A., Montero, C.R.S., Dos Santos, R.C., Nava, D.E., Gomes, C.B. e Almeida, I. R. A., 2016. "Sistema de Produção da Cana-de-açúcar para o Rio Grande do Sul." *Sistemas de Produção 23*, Pelotas, RS: EMBRAPA.

Siqueira, P.F., Karp, S.G., Carvalho, J.C., Sturma, W., Rodríguez-León, J.A., Tholozan, J., Singhania, R.R., Pandey, A., Soccol, C.R. e Paula, F., 2008. "Production of bio-ethanol from soybean molasses by Saccharomyces cerevisiae." *Bioresource Technology*, Vol. 99, p. 8156–8163.

Tomás-Pejó, E. e Olsson, E., 2015. "Influence of the propagation strategy for obtaining robust Saccharomyces Cerevisiae cells that efficiently co-ferment xylose and glucose in lignocellulosic hydrolysates." *Microb. Biotechnol.*, Vol. 8, p. 8-99.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE IOGURTE ADICIONADO DE COLÁGENO HIDROLISADO

**Gislaine Fatima Bortoli**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Erechim
R. Domingos Zanella, 104 – Três Vendas, 99713-028, Erechim – RS
gislaine.bortoli@hotmail.com

**Marina Baccin**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Erechim
R. Domingos Zanella, 104 – Três Vendas, 99713-028, Erechim – RS
marinabaccin@gmail.com

**Leonardo Souza da Rosa**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Erechim
R. Domingos Zanella, 104 – Três Vendas, 99713-028, Erechim – RS
leonardo.souza@erechim.ifrs.edu.br

***Resumo.*** *O trabalho teve como objetivo a caracterização físico-química de iogurtes adicionados de colágeno hidrolisado a partir de seus parâmetros mínimos de qualidade. Para avaliar o efeito de diferentes formulações sobre as características das amostras foi empregado um delineamento fatorial completo* $2^2$*, onde duas formulações foram aleatoriamente selecionadas. E avaliadas segundo os parâmetros umidade, proteína, gordura, acidez, segundo metodologia proposta por Brasil, 2007. Na determinação de umidade utilizou-se uma balança determinadora por infravermelho marca Marte®. A cor foi determinada utilizando-se um colorímetro portátil Minolta, modelo Chroma Meter CR410, com fonte de luz D65, na escala L*, a*, b* do sistema CIELab, Todas as determinações físico-químicas foram realizadas em duplicata. Os valores médios encontrados na formulação F1 para os parâmetros analisados foram: umidade (80,19%±0,17), proteína (3,58%±0,11), gordura (5,50%±0,22), acidez (108,5ºD±1,41) e massa específica (*$1{,}06x10^{-3}g.cm^{3-1}$*±*$6{,}36x10^{-7}$*), já na formulação* $F_8$ *foram obtidos os seguintes valores: umidade (80,03%±0,85), proteína (3,46%±0,15), gordura (5,90%±0,14), acidez (92,0ºD±0,072)e massa específica (*$1{,}08x10^{-3}$ $g.cm^{3-1}$ *±*$2{,}82x10^{-7}$*) indicando que as formulações avaliadas atenderam aos padrões estabelecidos pela legislação vigente para os parâmetros mínimos de qualidade preconizados para proteína, gordura e acidez.*

***Palavras-chave:*** *Iogurte, colágeno hidrolisado, parâmetros físico-químico, qualidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos alimentos e a sua influência sobre a nutrição e a saúde humana vêm merecendo lugar de destaque nos meios científicos. Essa preocupação se deve ao grande número de alimentos existentes e à tendência atual por produtos saudáveis, nutritivos e seguros. Dentre estes, destaca-se o iogurte que, além da sua matéria-prima ser uma rica fonte de proteínas, cálcio, fósforo e vitaminas, apresenta características benéficas provenientes da fermentação da lactose do leite em ácido lático pelas bactérias ácido-láticas S*treptococcus salivarius* subsp. Thermophilus e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. Bulgaricus (Rai e Bai, 2017).

Segundo os Padrões de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, entende-se por iogurte o produto resultante da fermentação de leite pasteurizado ou esterilizado com cultivos protosimbióticos de *Streptococcus salivarias* subsp. *thermophillus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, aos quais podem acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido lácticas que, por sua atividade contribuem para a determinação das características do produto final (Brasil, 2017).

Dentre suas etapas de processamento, a incorporação de proteínas como um ingrediente da formulação é de fundamental importância, pois visa elevar o baixo teor de sólidos totais presentes no leite pasteurizado utilizado como matéria-prima, prevenindo assim a ocorrência de defeitos tecnológicos como sinerese, superfície com grumos e descontínua, camada de gordura à superfície e falta de homogeneidade. Já em relação a textura se incluem separações

em duas fases e falta de consistência as quais comprometem a qualidade do produto, gerando ainda prejuízos para a indústria e a insatisfação do consumidor (Kilara e Chandan, 2017).

Conforme Prestes *et al*., (2013), uma alternativa é a adição de colágeno, uma proteína encontrada no tecido conjuntivo, ocorrendo em tendões, cartilagens, na matriz orgânica dos ossos e na camada córnea dos olhos, conferindo resistência e/ou elasticidade a estas estruturas. Do ponto de vista nutricional, o colágeno é considerado uma proteína de qualidade inferior uma vez que quase todos os aminoácidos essenciais ou são sub-representados, ou, no caso da cisteína, completamente ausente. Estudos têm sido realizados em humanos com resultados positivos, especialmente relacionados com a capacidade demonstrada pelo colágeno e gelatina hidrolisados em melhorar as condições das articulações, na prevenção e tratamento da osteoartrite e da osteoporose.

A busca do consumidor por alimentos seguros vem direcionando o desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para a segurança de produtos lácteos como os iogurtes, onde o controle da qualidade físico-química e microbiológica, é de fundamental importância para reconquistar a confiança do consumidor, aumentar o faturamento das indústrias, oportunizando investimentos tecnológicos, além de abrir novos mercados no comercio regional e nacional de lácteos em virtude da existência de produtos com maior qualidade e consequentemente, mais seguros e competitivos. Em face disso, este trabalho tem como objetivo a caracterização físico-química de iogurtes a partir de seus parâmetros mínimos de qualidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Delineamento Experimental

Para avaliação do efeito das diferentes formulações sobre as características das amostras foi empregado um delineamento fatorial completo $2^2$, com 2 variáveis independentes em dois níveis equidistantes (-1 e +1), uma repetição no ponto central (nível 0) acrescido de 4 pontos axiais (-α e +α), onde $\alpha = \pm (2_n)_{1/4}$, sendo *n* o número de variáveis independentes. As concentrações de leite em pó e colágeno hidrolisado foram as duas variáveis avaliadas em 5 níveis (-1,41, -1, 0, +1, +1,41) resultando em 9 amostras (Tabela 1), das quais duas serão exploradas neste trabalho.

### 2.2 Processamentos do iogurtes

As duas amostras ($A_2$ e $A_8$) de iogurtes foram produzidas de acordo com o delineamento experimental (Tabela 1). Na amostra $A_1$ foram adicionados leite pasteurizado (86,9%), sacarose (8,0%), polpa de fruta (4,0%), leite em pó (1,3%), colágeno hidrolisado (0,7%) e cultura láctea (0,4%). Já a amostra $A_7$ foi constituída por leite pasteurizado (85,6%), sacarose (8,0%), polpa de fruta (4,0%), leite em pó (1,0%), colágeno hidrolisado (1,0%) e cultura láctea (0,4%).

Na sequência, as amostras foram pasteurizadas a 75 ºC por 30 minutos. Após, resfriadas a 41 ºC, adicionando-se a cultura láctea. Após as amostras foram fermentadas em iogurteira 42 ºC por 4 horas, até redução do pH a valores próximos a 4,6. Estas foram resfriadas a 20 ºC e adicionadas de polpa de fruta sabor morango, mantendo-se sob homogeneização por 15 minutos. Na sequência as formulações foram envasadas em embalagens plásticas hermeticamente fechadas e armazenadas sob refrigeração a 5 ºC.

### 2.3 Determinações Físico-Químicas

As caracterizações das formulações de iogurte foram avaliadas através das determinações de umidade, proteína, gordura, acidez, massa específica e cor instrumental.

A umidade foi quantificada em balança determinadora por infravermelho marca marte modelo ID 200, sendo o teor de proteína determinado pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia proposta por Brasil, 2006. Segundo o método de Gerber foram determinados os percentuais de gordura, onde inicialmente em um butirômetro foram medidos 10 mL de ácido sulfúrico, 11 mL de iogurte e 1,0 mL de álcool isoamilíco.

Após homogeneização, a mistura foi centrifugada por 5 minutos a 1200 RPM em centrifuga de Gerber. A seguir os butirômetros foram imersos em água a 65ºC por 3 minutos, sendo o teor de gordura visualizado conforme menisco inferior da escala.

Na determinação de acidez utilizou-se o método titulométrico com um acidímetro Dornic. Para isso, 10 mL de bebida láctea foram misturados à 10 mL de água destilada, titulando-se até aparecimento de coloração rósea, segundo Brasil (2006).

A análise de massa específica foi realizada através do uso de um picnômetro de 10 mL. Inicialmente pesava-se o picnômetro vazio e posteriormente com a amostra, diminuindo o valor do picnômetro. A massa obtida era então dividida pelo volume já conhecido, obtendo a densidade.

A cor foi determinada utilizando-se um colorímetro portátil Minolta, modelo Chroma Meter CR410, com fonte de luz D65, na escala L*, a*, b* do sistema CIELab, realizando-se as leituras a temperatura ambiente.

Todas as determinações foram realizadas em duplicata, sendo o tratamento estatístico dos dados efetuado segundo o Software Estatística 12.0, nos módulos *Basic Statistics* e ANOVA.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 observam-se os resultados da matriz experimental com valores codificados correspondentes às diferentes formulações avaliadas. A partir deste delineamento experimental foram selecionadas as formulações $F_1$ e $F_8$.

Tabela 1: Matriz experimental a partir de um experimento fatorial $2^2$ com valores codificados para as variáveis independentes

| Formulações | Níveis Codificados | |
|---|---|---|
| | Conc. Colágeno hidrolisado | Conc. Leite em pó |
| 1 | (-1) | (-1) |
| 2 | (+1) | (-1) |
| 3 | (-1) | (+1) |
| 4 | (+1) | (+1) |
| 5 | (-1,41) | (0) |
| 6 | (+1,41) | (0) |
| 7 | (0) | (-1,41) |
| 8 | (0) | (+1,41) |
| 9 | (0) | (0) |

Os resultados das determinações analíticas físico-químicos dos iogurtes correspondentes às diferentes formulações avaliadas estão descritos na Tabela 2. Entretanto, salienta-se que a Portaria n.º 46, de 23 de outubro de 2007, não apresenta nenhuma regulamentação para outros parâmetros físico-químicas, a não ser para a que afere aos teores de proteínas, gordura e acidez (Brasil, 2007).

Inicialmente, se observa que os valores experimentais obtidos para o parâmetro umidade foram semelhantes em ambas as formulações, não verificando-se a existência de diferenças significativas ($p>0,05$). Os valores encontrados nas formulações $F_1$ (80,18%) e F8 (80,03%), foram similares aos obtidos por Cunha *et al.* (2007) que obteve aproximadamente 80,56% de umidade. Em produtos lácteos como os iogurtes, a umidade está relacionada com a sua estabilidade, qualidade e extrato seco total.

De acordo com Nero, Cruz e Bersot, (2017), a determinação do teor de proteína em iogurtes é de fundamental importância uma vez que este parâmetro pode ser associado a ao tratamento térmico aplicado durante seu processamento, valor nutricional e terapêutico, bem como as características sensoriais de iogurtes.

Os valores experimentais obtidos para o parâmetro proteína variaram entre (3,31% e 3,69%) e demonstraram a não existência de diferenças significativas entre as amostras correspondentes as formulações analisadas, sendo a formulação $F_8$ aquela cujos resultados foram superiores, fato este associado as adições de colágeno hidrolisa e leite em pó segundo os níveis indicados na tabela 1. Assim, constatou-se que ambas as formulações atendem ao estabelecido pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de leites fermentados, o qual preconiza para iogurtes, um valor mínimo de 2,9% de proteína.

Em relação ao parâmetro gordura, foram constatadas diferenças significativas entre as formulações analisadas, sendo a formulação $F_1$ aquela cujos resultados foram superiores (5,90%), observou-se ainda, que em ambas as formulações os valores obtidos experimentalmente estão em conformidade com a legislação vigente, a qual estabelece que o teor de gordura para iogurtes integrais deve estar entre 3,0 a 5,9 % (Brasil, 2007).

A análise dos parâmetros proteína e gordura é de grande importância tecnológica, pois, exerce influência direta em parâmetros de qualidade como estabilidade, viscosidade, consistência e sinérese em iogurtes, (Bylund, 2015).

Segundo Kilara e Chandan (2017), a massa específica de iogurtes é outro parâmetro de grande importância tecnológica pois apresenta relação direta com o extrato seco total, umidade e a viscosidade de iogurtes. Atualmente no mercado de lácteos fermentados como os iogurtes, produtos com baixa viscosidade apresentam baixos índices de aceitação.

Os valores experimentais obtidos para o parâmetro massa específica, foram $1,06x10^{-3}$ $g.cm^{3\ -1}$ para a formulação $F_1$, e $1,08x10^{-3}$ $g.cm^{3\ -1}$ para a formulação $F_8$, ambos estatisticamente iguais e semelhantes aos obtidos por Zuniga et al. (2015), os quais destacam que os valores de massa específica podem variar conforme a temperatura da amostra.

Segundo Punyia (2015) a acidez juntamente com o sabor e o aroma são aspectos considerados relevantes, do ponto de vista de qualidade de iogurtes. Entretanto, há uma grande controvérsia entre os autores científicos quanto ao valor ideal de acidez em iogurtes.

Atualmente os valores mais aceitos pela comunidade científica estão entre 90°D e 130°D, já a Instrução Normativa 46, estabelece como padrão valores entre 60 e 150°D (Brasil, 2007). Assim, os valores experimentais obtidos neste estudo (92 a 108 °D), apresentam-se dentro da faixa aceitável, conforme ilustrado na figura 1.

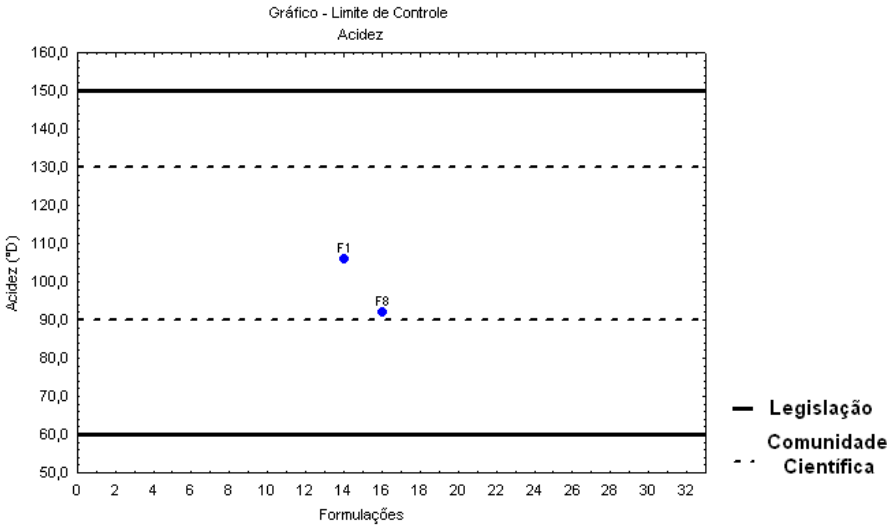



Figura 1: Limites de Controle - Acidez

Nesta figura, também observa-se que na formulação $F_1$, os valores foram estatisticamente superiores a formulação $F_8$. Segundo Bylund, 2015, tais diferenças podem estar relacionadas ao tipo e à concentração de cultura láctea utilizada, à atividade desta cultura, ao valor estabelecido para finalizar a fermentação e a etapa de resfriamento do iogurte, responsável por cessar a atividade fermentativa e controlar o processo de pós-acidificação.

Tabela 2 – Valores médios experimentais dos parâmetros físico-químicos dos iogurtes sabor morango

| Parâmetros | | Formulações | |
|---|---|---|---|
| | | $F_1$ | $F_8$ |
| Umidade (%) | | $80,18^a \pm 0,17$ | $80,03^a \pm 0,85$ |
| Proteína (%) | | $3,46^a \pm 0,15$ | $3,58^a \pm 0,11$ |
| Gordura (%) | | $5,90^a \pm 0,14$ | $5,50^b \pm 0,22$ |
| Acidez (°D) | | $108,5^a \pm 0,72$ | $92,0^b \pm 1,41$ |
| Massa Específica ($g.cm^{3\ -1}$) | | $1,06x10^{-3\ a} \pm 6,36x10^{-7}$ | $1,08x10^{-3\ a} \pm 2,82x10^{-7}$ |
| Cor | L* | $71,72^b \pm 0,374$ | $77,28^a \pm 0,21$ |
| | a* | $5,88^a \pm 0,135$ | $4,22^b \pm 0,145$ |
| | b* | $22,95^a \pm 0,084$ | $17,48^b \pm 0,092$ |

Onde: a, b: Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si (p>0,05); n=2;

De acordo com Caldeira *et al*, (2010), na análise de cor instrumental, o parâmetro L* é um indicativo de luminosidade. A amostra correspondente a formulação $F_!$ obteve resultado para o L* menor que a amostra correspondente a formulação $F_8$, pois sua coloração era mais escura. As variáveis a* e b* indicam a direção das cores. Valores de a* maiores que zero vão em direção ao vermelho, e valores de b* maiores que zero vão em direção ao amarelo. Assim, os resultados expressos na tabela 2, indicam que as adições de colágeno hidrolisado efetuadas em ambas as formulações não conferiram distorções nas tonalidades de cor características de iogurtes de morango.

A formulação $F_1$ apresentou coloração rósea mais intensa que $F_8$, a qual está diretamente relacionada ao preparado de morango (polpa concentrada) utilizado na fabricação das formulações de iogurte. Atualmente observa-se por parte dos consumidores uma tendência a maiores índices de aceitação para iogurtes sabor morango com coloração rósea de menor intensidade (Siqueira, 2015).

## 4. CONCLUSÃO

Mediante os resultados obtidos concluiu-se que a adição de colágeno hidrolisado potencializou os valores obtidos para os parâmetros físico-químicos de proteína e massa específica, os quais contribuem para a melhoria de parâmetros de grande importância tecnológica como estabilidade e viscosidade.

De acordo com os parâmetros de qualidade estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados e considerando-se as condições experimentais, foi possível concluir que as formulações $F_1$ e $F_8$ atendem aos padrões estabelecidos pela legislação vigente para os parâmetros proteína, gordura e acidez.

A adição de colágeno hidrolisado não conferiu distorções nas tonalidades de cor características de iogurtes de morango. Desta forma concluiu-se que as formulações avaliadas atendem aos parâmetros mínimos de qualidade estabelecidos para o iogurte.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus de Erechim pela concessão das bolsistas.

## 6. REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)* – Padrão de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, Brasília, 2017.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 46, de 23 de outubro de 2007: Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados; 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2006), Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Diário Oficial da União Seção 1, 14 dez.

BYLUND, G. *Dairy Processing Handbook***,** 2 st Edition, Tetra Pak Dairy Processing Handbook, 356 a 378 p., 2015.

CALDEIRA, L. A.; FERRÃO, S. P. B.; FERNANDES, S. A. A.; MAGNAVITA, A. P. A.; SANTOS, T. D. R. (2010). *Desenvolvimento de bebida láctea sabor morango utilizando diferentes níveis de iogurte e soro lácteo obtidos com leite de búfala.* Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.10, out.

CUNHA, T. M. et al. *Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos*. Semina: Ciências Agrárias, p. 103 – 116, 2008.

KILARA, A.; CHANDAN, R. C. (2017) Elaboración *de yogur y leches fermentadas*, 1° Edition, Editora Acribia, Zaragoza, Espanha, 35 a 67 p.

NERO, L. A.; DA CRUZ, A. G.; BERSOT, L. S. (2017). *Produção, Processamento e Fiscalização de Leite e Derivados*,1° Edição, Editora Atheneu, São Paulo, 22 a 34 p.

PRESTES, C.; GOLUNSKI, S. M.; TONIAZZO, G.; KEMPKA, A. P.; DI LUCCIO, M. *Caracterização da Fibra de Colágeno, Gelatina e Colágeno Hidrolisado*, Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.15, n.4, p.375-382, 2013.

PUNIYA, A. K. *Fermeted Milk and Dairy Products*, 2st edition. Ed. Boca Raton, Londres, 744 p., 2015.

RAI, V. R.; BAI, J. A. Food Safety and Protection, 3st Edition, Ed. CRC Press, New York, 320 a 329 p., 2017.

SIQUEIRA, K.B. (2015). *O Mercado Consumidor de Lácteos no Brasil*, Revista Leite e Derivados, nº 154, ano XXII, p. 36 a 41.

ZUNIGA, A. D. G. et al. *Densidade e viscosidade de iogurte com extrato solúvel da amêndoa de coco babaçu*. Enciclopédia Biosfera, v. 11, n. 21, p. 718 – 726, 2015.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluídos neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ELABORAÇÃO DE BOLO DOCE COM ADIÇÃO DE FARINHA DE BAGAÇO DE MALTE

**Giulia Rodrigues Bareta**[1]
**Greice Kelly Alves**[1]
**Mateus Baptista Nunes**[1]
**Eunice Valduga**[2]
[1] – Graduando(a) do Curso de Engenharia e Alimentos - Universidade Regional e Integrada – Campus de Erechim – Departamento de Engenharia de Alimentos; 99700-000 Erechim – RS. Email:giuliabareta@gmail.com; greice_kelly_alves@yahoo.com.br; mateus.baptistanunes@gmail.com.
[2] – Professora e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Alimentos - Universidade Regional e Integrada – Campus de Erechim – Departamento de Engenharia de Alimentos; Caixa Postal 743 – 99700-000 Erechim – RS.

***Resumo***. *A cevada é produzida em larga escala no Brasil, sendo uma opção de cultura de inverno, com o estado do Rio Grande do Sul sendo o maior produtor. Foram comprovados benefícios sobre o consumo de grãos de cevada em dietas, diminuindo riscos de doenças. O bagaço de malte é o resíduo da produção de cerveja, necessitando descarte adequado ou técnicas de reuso para o mesmo. A cevada pode ser utilizada em diversas formulações e incrementar novos produtos sendo considerada uma fonte de fibras. O objetivo do trabalho foi desenvolver formulações de bolo doce com farinha de bagaço de malte em diferentes concentrações, sendo elas 5, 15 e 20 % (m/m) e avaliar sensorialmente a preferência dos consumidores (Teste ordenação-preferência, método Friedman Tabela Newell e Mac Farlane). A farinha do bagaço de malte apresentou uma umidade de 10,4% e granulometria média de 0,476mm. Na avaliação sensorial não houve diferença significativa (p>0,05) da preferência dos consumidores, indicando ser possível a adição de até 20 % de farinha de bagaço de malte a farinha tradicional em formulação de bolo doce, e desta forma, sendo uma alternativa de aproveitamento de subproduto da indústria cervejeira.*
***Palavras-chave****: Bagaço de malte. Análise sensorial. Novos produtos*.

## 1. INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare*) é uma gramínea cultivada desde a antiguidade, originária do oriente. Dentre as espécies cultivadas de cevada, a chamada "cevada cervejeira" é a mais utilizada para a obtenção do malte usado na fabricação de cervejas. A maioria das espécies possui uma casca cimentada ao grão, funcionando como um 19ª agente filtrante que contribui no aroma, cor e sabor do mosto, além de proteger o grão de impactos mecânicos sofridos durante o processo de maltagem (EHRHARDT & SASSEN, 1995). A cevada é produzida no Brasil em escala comercial desde 1930 e constitui uma opção como cultura de inverno. O Rio Grande do Sul é considerado o maior produtor (IBGE, 2018). Além disso, a cultura da cevada ocupa a quarta posição no mercado econômico mundial (MAYER, 2007).

Desde o início, a produção brasileira vem sendo feita em resposta à demanda da indústria de malte cervejeiro, sendo que o grão também é utilizado, em pequena escala, na industrialização de bebidas destiladas e na composição de farinhas para panificação, produção de medicamentos e formulação de produtos dietéticos (MINELLA, 2018). Sob a perspectiva da ciência dos alimentos e da relação entre alimentação, saúde e doença, há uma procura por alimentos que, forneçam os nutrientes indispensáveis ao organismo, proporcionem benefícios adicionais à saúde (FAO, 1997). Assim, o trigo e a cevada são considerados ótimas fontes de carboidratos.

O consumo de grãos de cevada, em uma dieta balanceada, pode reduzir o risco de doenças (FAO, 1997; FDA, 1998). Demonstrou-se benefícios preventivos das fibras sobre a saúde (BEHALL et al, 2004) e relatou-se efeitos benéficos no metabolismo lipídico e na prevenção de algumas doenças crônicas (LI et al., 2003). A cevada é rica em fibras, aumentando assim a sensação de saciedade. O Brasil tem uma grande variedade de resíduos agrícolas e agroindustriais, que podem ser usados como fontes nutricionais. Neste caso, em função do elevado custo, e escassez gerada, muitas pesquisas são desenvolvidas, visando a utilização desses subprodutos como formas alternativas (STEFFENS, 1994; SOUZA, 2004; TEIXEIRA et al., 2006), como a utilização do bagaço de malte, para produção de farinhas, para enriquecimento nutricional de outros produtos.

As indústrias cervejeiras produzem grande quantidade de resíduos que se não forem devidamente eliminados, ou reaproveitados, causarão grande impacto no ambiente. O bagaço de malte apresenta elevado teor proteico. Entretanto, sendo um subproduto de elevado percentual de umidade pode apresentar variação na sua composição nutricional de acordo com o grão de cevada utilizado ou o tipo de processamento submetido. O bagaço de malte possui alto teor de fibras em função da fermentação da maior parte dos componentes intracelulares, principalmente os carboidratos, tornando-o atrativo para utilização em processos hidrolíticos e fermentativos que envolvam a produção de etanol de segunda geração (VIEIRA, 2010).

O bagaço da cerveja é o resíduo do processo inicial da fabricação de cervejas. Este bagaço é obtido do processo da consecução do mosto, pela fervura do malte moído e dos adjuntos, onde após a filtração, resulta num resíduo que atualmente é destinado para ração animal. Esse resíduo contém fibras e proteínas que ajudam no funcionamento do organismo (SOUZA, 2000). De acordo com Almeida (2014), a obtenção do malte começa pela colheita, seguida de limpeza e classificação pelo tamanho em peneiras de 2,5, 2,4, 2,2 e 2,0 mm de abertura; o grão então passa por um período de dormência variando de 4-6 semanas, quando ocorre a maltagem, processo de germinação controlada, que aumenta o teor enzimático dos grãos. O valor nutricional do bagaço de malte se relaciona com o processo e ao tipo de cerveja fabricada. A origem dos grãos de cevada e a adição ou não de outros cereais (milho, trigo, arroz, aveia) são alguns dos fatores que influenciam a qualidade (ZDUNCZYK et al., 2006). Cerca de 85 % do total de resíduos obtidos da indústria cervejeira corresponde ao bagaço de malte (DRAGONE; ROBERTO, 2010) sendo gerado 15 a 20 kg de bagaço de malte para cada 100 L de cerveja produzida (XIROS & CHRISTAKOPOULOS, 2012).

Vários tipos de fibras podem ser acrescentados aos diversos tipos de produtos de panificação, na forma de farinhas integrais de sementes (trigo, aveia, centeio, milho, soja, aveia, cevada, girassol, linhaça, arroz e sorgo). Além do aspecto nutricional, apresentam custo baixo e são facilmente encontradas (POMERANZ, 1987). A cevada pode ser consumida de diversas maneiras. Como farinha, vira ingrediente para fazer pães e biscoitos e até de farofa. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi produzir três diferentes formulações de bolo doce, variando a concentração da farinha de bagaço do malte de cevada (5,15 e 20 %, m/m) e avaliar a preferência dos consumidores (Teste ordenação preferência).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

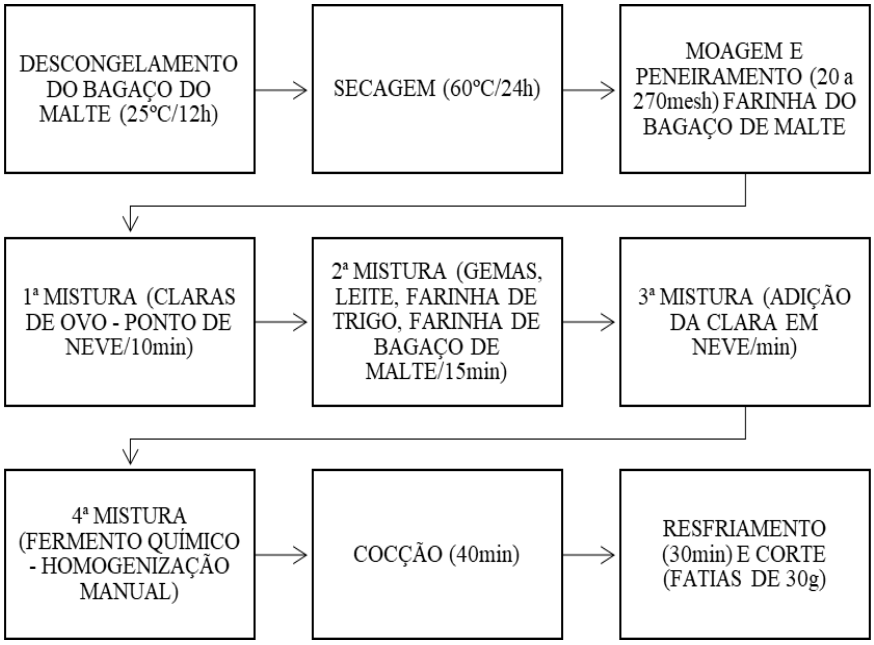
O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim (URI). O resíduo do bagaço de malte (Pilsen Alemão – Fabricante: R.W EMMEL & CIA LTDA) foi obtido após aula prática de produção de cerveja. A Figura 1 apresenta o fluxograma de obtenção da farinha do bagaço de malte. A partir do resíduo da produção de cerveja – bagaço de malte, realizou-se a secagem em estufa (Marconi® - MA 037) com circulação de ar a 60ºC por 24 h e determinou-se a umidade (Brasil, 2005). Em seguida, efetuou-se a moagem em multiprocessador (Walitta®), e consecutivamente um peneiramento desta farinha. O peneiramento foi executado em sistemas de peneiras com malhas de diferentes aberturas decrescentemente (20 a 270 mesh) e avaliou-se a granulometria média (mm) da farinha.

Para a elaboração das formulações de bolo doce, o total de farinha utilizada em cada formulação foi de 495 g, sendo que os demais ingredientes foram padronizados e fixados (330 g de açúcar cristal -União®, 3 ovos brancos, 360mL de leite integral - Ninho®, 55 g de margarina - Qualy® e 10 g fermento químico - Dr. Oetker®):

Formulação A – 95 % farinha de trigo (Sananduva®) + 5 % farinha de bagaço de malte;
Formulação B – 85 % farinha de trigo (Sananduva®) + 15 % farinha de bagaço de malte;
Formulação C – 80 % farinha de trigo (Sananduva®) + 20 % farinha de bagaço de malte.

Na Figura 1 é descrito o processo de obtenção da farinha de bagaço de malte e de preparo das formulações de bolo doce.

Figura 1. Fluxograma para obtenção da farinha do bagaço de malte e preparo do bolo.




Inicialmente, realizou-se mistura e homogeneização dos ingredientes em 4 etapas, na primeira mistura foram adicionadas 3 clara e batido até o ponto de neve, na segunda foram adicionados as gemas, o leite, a farinha de trigo e de malte, na terceira mistura a clara em neve foi adicionada nos outros ingredientes e por último foi adicionado o fermento químico e misturado a mão, após despejou-se a massa em uma forma de inox para cocção. A massa foi homogeneizada durante aproximadamente 30 min, e submetido a cocção por 40 min na temperatura de 220ºC em forno elétrico (Fischer®). Nas três formulações adicionou-se cobertura.

A cobertura do bolo foi do tipo brigadeiro onde misturou-se 35 g de margarina (Qualy®), 30 g de chocolate em pó e 1185mL leite condensado (Moça®). A cobertura foi distribuída em uma camada fina sobre cada bolo. Após resfriamento, os bolos foram fracionados em porções médias de 30 g após terem sido esfriados por 30 min.

### 2.1. Análise sensorial:

Para a realização da análise sensorial, foram convidados aleatoriamente 34 provadores não treinados, consumidores do produto, funcionários, professores e alunos da URI Erechim, na faixa etária entre 17 e 50 anos. Distribuiu-se questionário de consentimento livre de analise sensorial, buscando informações relevantes dos provadores, sobre possíveis alergias e intolerâncias, e a frequência de consumo do produto. Após, as três amostras foram distribuídas de forma balanceada, codificadas com números aleatórios de três dígitos. Entre uma amostra e outra, foi orientado o consumo da amostra branco, sendo está água a 20ºC. A análise foi realizada pelo teste de Junto das amostras, entregou-se uma ficha de teste Ordenação-preferência), onde solicitou-se que cada provador indicasse em ordem crescente de preferência, da esquerda (menos preferida) para a direita (mais preferida), Os resultados foram tratados estatisticamente pelo método Friedman (Tabela Newell MacFarlane), com nível de significância de 5%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A granulometria da farinha de bagaço de malte definida foi entre 0,053 mm a 0,841mm (Tabela 1), com diâmetro médio) a 270mesh (0,053mm). O diâmetro médio das partículas de 0,4759 mm e o total de farinha usado foi de 265g com umidade de 10,4%.

Na Tabela 1 estão dispostos os dados de conversão das peneiras, peso retido e porcentagem de retido.

Tabela 1. Conversão de mesh para mm, peso retido e porcentagem retido nas peneiras.

| Nº Peneira | Mesh | Abertura (mm) | Peso Retido (g) | Retido (%) |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 20 | 0,841 | 40 | 15,09 |
| 4 | 32 | 0,557 | 85 | 32,07 |
| 5 | 35 | 0,500 | 50 | 18,87 |
| 6 | 42 | 0,394 | 15 | 5,66 |
| 7 | 60 | 0,250 | 35 | 13,2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8 | 80 | 0,177 | 15 | 5,66 |
| 9 | 115 | 0,131 | 20 | 7,54 |
| 10 | 270 | 0,053 | 5 | 1,88 |

Dos 34 provadores aleatórios convidados, entre funcionários, professores e alunos da Universidade, na faixa etária entre 17 e 50 anos, sendo 39,4% de 17 a 20 anos, 36,4% de 21 a 30 anos, 15,2% 32 a 40 anos e 9% de 41 a 50 anos, desse percentual 48,5% eram do sexo masculino e 51,1% do sexo feminino, sendo que apenas um não pode realizar o teste, por ser intolerante a lactose, e a amostra conter leite e derivados. A Tabela 2 apresenta a pontuação dos julgadores do teste de Ordenação-preferencia (menos preferida foi pontuada 1, a intermediária 2, e a mais preferida vale 3) e o total de julgamentos para cada Formulação.

Tabela 2. Resultado dos Julgadores – Teste de Ordenação Preferência para as formulações de bolo doce com cobertura de brigadeiro.

| Julgadores | Formulação A | Formulação B | Formulação C |
|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 1 | 2 |
| 2 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 1 | 3 | 2 |
| 5 | 1 | 3 | 2 |
| 6 | 2 | 3 | 1 |
| 7 | 2 | 3 | 1 |
| 8 | 1 | 3 | 2 |
| 9 | 1 | 3 | 2 |
| 10 | 1 | 2 | 3 |
| 11 | 3 | 1 | 2 |
| 12 | 1 | 3 | 2 |
| 13 | 3 | 2 | 1 |
| 14 | 3 | 2 | 1 |
| 15 | 1 | 2 | 3 |
| 16 | 1 | 3 | 2 |
| 17 | 3 | 1 | 2 |
| 18 | 2 | 1 | 3 |
| 19 | 2 | 1 | 3 |
| 20 | 3 | 2 | 1 |
| 21 | 1 | 2 | 3 |
| 22 | 2 | 1 | 3 |
| 23 | 2 | 1 | 3 |
| 24 | 1 | 2 | 3 |
| 25 | 1 | 2 | 3 |
| 26 | 2 | 3 | 1 |
| 27 | 2 | 1 | 3 |
| 28 | 2 | 1 | 3 |
| 29 | 3 | 2 | 1 |
| 30 | 2 | 3 | 1 |
| 31 | 2 | 3 | 1 |
| 32 | 3 | 2 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 33 | 2 | 3 | 1 |
| TOTAL | 63 | 69 | 66 |

A partir dos dados da Tabela 2, realizou-se a diferença da soma dos totais das amostras (Tabela 3).

Tabela 3. Diferença da soma dos totais Teste de ordenação-preferência para as formulações de bolo doce com cobertura de brigadeiro.

| AMOSTRAS | A | B | C |
|---|---|---|---|
| A | 0 | $6^{ns}$ | $3^{ns}$ |
| B | - | 0 | $3^{ns}$ |
| C | - | - | 0 |

$^{ns}$ não existe diferença significativa entre as amostras, nível de 5% (Tabela Newell e MacFarlane, * F crítico tabelado à 5% é 20.

A interpretação dos resultados realizou-se com o uso da Tabela de Newell e MacFarlane, com nível de significância de 5%. A partir disso, concluiu-se que não existe diferença significativa a nível de 5% pois o valor apresentado na tabela, mínimo para que houvesse diferença é 20, e a partir dos dados apresentados na Tabela 3, o valor máximo foi de 6.

Baseado no que foi calculado, pode-se perceber que o uso da cobertura no bolo pode ter influenciado e induzido os provadores a pensarem que as formulações eram iguais. Além disso, muitos dos provadores convidados não tinham conhecimento sobre analise sensorial, e nem sobre o produto, não sendo eles treinados. Porém, ao serem questionados sobre o consumo do produto, 45% indicaram consumir bolo doce pelo menos uma vez por semana, 30% consomem duas vezes ou mais por semana, e apenas 24% não consomem ou tem o hábito apenas uma vez por mês. Outro fator relevante no estudo foram as concentrações de farinha de bagaço de malte utilizadas para o preparo dos bolos, sendo elas de 5%, 15% e 20%. Percebeu-se então que o uso de uma concentração de farinha de bagaço de malte até 20 % (m/m) não causa alterações na preferência dos provadores, podendo ser adicionada nos produtos elevando valores nutritivos, principalmente em fibra alimentar e minerais. Diante disto, é possível analisar-se também e realizar-se novos estudos, utilizando concentrações superiores a 20% de farinha de bagaço de malte, e também havendo um maior espaçamento de proporção entre elas procurando um padrão de preferência em formulação de bolo doce com cobertura de brigadeiro e também, ampliando o leque de produtos.

## 4. CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos no presente estudo, concluiu-se que: A farinha de bagaço de malte obtida apresentou a granulometria média de 0,4759 mm e umidade de 10,4 %. Na elaboração de bolo doce com cobertura de brigadeiro foi possível a substituição de até 20% de farinha de trigo pela farinha de bagaço de malte, sem alterar a preferência dos consumidores. Desta forma, sendo uma alternativa de utilização de subprodutos da indústria cervejeira e de produção de um novo produto enriquecido com fibra e minerais.

## 5. REFERENCIAS

ALMEIDA, A.R. *Compostos bioativos do bagaço de malte: fenólicos, capacidade antioxidante in vitro e atividade antibacteriana*. Universidade Federal do Paraná. 25p. Curitiba, 2014.

BEHALL, K.M.; SCHOLFIELD, D.J.; HALLFRISCH, J. *Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women*. American Journal of Clinical Nutrition, v.80, p.1185-1193, 2004.

EHRHARDT, P.; SASSEN, H. *A Cevada*. Senai-DR/RJ, Vassouras, 33p, 1995.

FAO. World Health Organization. *Carbohydrates in human nutrition: report of a joint FAO/WHO Expert Consultation*. FAO Food & Nutrition Paper, v.140, p.14-18, 1997.

FDA. Center for Food Safety and Applied. *A food labeling guide: appendix C: Health Claims*. Washington: CFR References, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br. Acesso em 27 jun. 2018.

LI, J.; KANEKO, T.; QIN, L-Q.; WANG, J.; WANG, Y. *Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women*. Nutrition, v.19, p.926-929, 2003.

MAYER, E. T.; FUKE, G.; NORNBERG, J. L.; MINELLA, E. *Caracterização Nutricional de Grãos Integrais e Descascados de Cultivares de Cevada*. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.42, n.11, p.1635-1640, nov. 2007.

MINELLA, E. *Cevada brasileira: situação e perspectivas*. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co23.htm. Acesso em: 24 jun. 2018.

POMERANZ, Y. *Modern cereal science and technology*. New York: VCH, 1987.

SANTOS, M.S.; RIBEIRO, F.M. *Cervejas e Refrigerantes*. CETESB, São Paulo. 58p. 2005.

SOUZA, M. L. et al. (sic). *Processamento de cookies de castanha-do-Brasil*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DECIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17. Ceará. Livros de resumos... Ceará, 2000. v. 3, p. 11. 2000.

SOUZA, S.R. et al. *Diferentes fontes protéicas de origem vegetal para tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus L.) durante a reversão sexual*. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v.26, n.1, p.21-28, 2004.

STEFFENS, W. *Replacing fish meal with poultry by product meal in diets for rainbow trait, Oncarhynchus*. Aquaculture, Amsterdan, v.124, p.27-34, 1994.

TEIXEIRA, E.A. et al. *Substituição de farinhas de peixes em rações para peixes*. Revista Brasileira de Reprodução Animal, v.30, n.3/4, p.118-125, 2006.

VIEIRA, M.S. *Determinação da composição química e do valor nutritivo do bagaço de cevada em suínos*. Dissertação (Mestrado em Ciências). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 30p. 2010.

XIROS, C.; CHRISTAKOPOULOS, P. *Biotechnological potential of brewers spent grain and its recent applications. Waste and Biomass Valorization*, v. 3, n. 2, p. 213–232, 2012.

ZDUNCZYK, Z.; FLIS, M.; ZIELIŃSKI, H.; WRÓBLEWSKA, M.; ANTOSZKIEWICZ Z.; JUŚKIEWICZ, J.; *In vitro antioxidant activities of barley, husked oat, naked oat, triticale, and buckwheat and their influence on the growth and biomarkers of antioxidant status in rats*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. v.54, p.4168-4175, 2006.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores Giulia R. Bareta, Grece K. Alves, Mateus B. Nunes e Eunice Valduga são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRODUÇÃO DE DOCE DE LEITE A PARTIR DE UM EVAPORADOR DE SIMPLES EFEITO

**Bianca P. Balestieri**
**Giulia R. Bareta**
**Greice K. Alves**
**Luana Gayeski**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Rosicler Colet**
**Juliana Steffens**
**Jamile Zeni**

Departamento de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS.
bianca.balestieri@hotmail.com
giuliabareta@gmail.com
greice_kelly_alves@yahoo.com.br
luanagayeski13@gmail.com
ilizandrafernandes@yahoo.com.br
rosicler.colet@yahoo.com.br
julisteffens@uricer.edu.br
jamilezeni@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo deste trabalho foi produzir doce de leite em um evaporador de simples efeito comparando com o leite integral, avaliando os parâmetros físico-químicos, sendo eles: ºBrix, Acidez Total Titulavel (ºD), pH, Temperatura (ºC), Umidade (%), Viscosidade (Cp), Cor (L*, a* e b*), eficiência do processo de evaporação e rendimento do doce de leite. Foram utilizados para a elaboração do produto, leite integral pasteurizado, sacarose e glicose, adquiridos no comercio de Erechim. O tempo total para a obtenção do doce de leite, com suas respectivas analises, foi de 2 h e 30 min. Os resultados foram de: 73ºBrix, pH de 5,5, umidade de 7,4%, viscosidade de 10,1Cp, cor e uma temperatura final de 70ºC. A eficiência do evaporador foi calculada, sendo esta de 3,3%, considerada baixa. O rendimento do processo, foi de 27,6%. Esses valores abaixo do normal podem ser explicados em função da pouca quantidade de matéria prima, e dos equipamentos utilizados serem de escala laboratorial.*

***Palavras-chave:*** *Evaporador, leite, simples efeito.*

## 1. INTRODUÇÃO

O doce de leite é um produto típico da América Latina, sendo o Brasil e a Argentina os maiores produtores mundiais. É um produto fácil de ser elaborado e é muito apreciado como sobremesa e também muito utilizado como ingrediente em produtos de confeitaria e panificação (EMBRAPA, 2018).

O doce de leite é o produto resultante da cocção de leite com açúcar, podendo ser adicionado de outras substâncias alimentícias permitidas como cacau, chocolate, coco, amêndoas, entre outros, mantendo-se a concentração conveniente e parcial caramelização. Apresenta uma coloração marrom, sabor e aroma peculiares, que são resultantes da Reação de Maillard podendo ser de consistência sólida ou pastosa (ALBURQUERQUE *et al*., 2011).

A concentração pode ser realizada em evaporadores, onde são utilizados diferentes modos de produção sendo, evaporadores a vácuo e a pressão normal. O evaporador normalmente possui uma camisa interna em aço inoxidável e uma camisa externa para entrada de vapor, sendo o trocador de calor mais utilizado na fabricação deste produto (PERRONE, 2007). Basicamente, a tecnologia de fabricação do doce de leite consiste na evaporação contínua de água por meio da aplicação indireta de vapor através dos equipamentos citados. A mistura entre leite, sacarose, aditivos e os demais ingredientes formará uma calda que será submetida à desidratação. Os agitadores mecânicos irão fazer com que esta mistura movimente-se durante todo o processo de fabricação, evitando que o produto queime e se deposite na

parede do trocador de calor (PERRONE, 2007). O término da produção do doce de leite ocorre pela determinação do teor de sólidos totais do produto (ºBrix).

Como na fabricação do doce de leite é empregado vapor para efetuar a evaporação, é importante a verificação da quantidade de vapor utilizada para remover a água para obtenção do produto, indicando a eficiência do processo.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi a elaboração de doce de leite em pasta utilizando um evaporador de simples efeito e verificar a eficiência do sistema. Para tanto caracterizou-se o leite e o doce de leite em relação a sólidos totais (ºBrix), acidez titulável, pH, temperatura, umidade, viscosidade e cor (L*, a* e b*), e do doce de leite foi obtido o rendimento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração de doce de leite foi utilizado leite integral pasteurizado, sacarose e glicose adquiridos no comércio de Erechim.

Primeiramente foi realizada a correção da acidez do leite (13°D) utilizando bicarbonato de sódio. Em seguida adicionou-se leite (3L) e a sacarose (25%) em um evaporador de simples efeito para a elaboração do doce de leite. O evaporador era constituído de uma camisa de vapor, onde por meio de contanto indireto fornecia calor. O interior do mesmo era provido de um agitador mecânico para a homogeneização do produto, evitando a queima e aderência nas paredes do evaporador. No momento em que o doce de leite atingiu 68°Brix foi adicionado a glicose, com a finalidade de melhorar a aparência, tornar o sabor mais suave, aumentar a viscosidade e a durabilidade. A determinação do ponto final da evaporação foi obtida por meio da medida do teor de sólidos totais (°Brix) igual a 73°Brix. Posteriormente envasado em recipientes de vidro até o momento das análises. O tempo total para obtenção do doce de leite foi de 2 h e 30 min.

Do leite e do doce de leite foram realizadas análises de sólidos totais (ºBrix), acidez titulável, pH, temperatura, umidade, viscosidade, cor (L*, a* e b*) e o rendimento.

Os sólidos totais (°Brix) foram determinados por meio de análise direta em refratômetro.

A acidez titulável foi determinada por titulação da amostra com hidróxido de sódio (solução Dornic), em presença do indicador fenolftaleína, segundo método AOAC (2005).

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, segundo metodologia n° 4022 descrita pela AOAC (2005), utilizando-se pHmetro (Digimed DM-22), realizando-se leituras diretamente na amostra.

A temperatura foi medida diretamente no leite e no doce de leite utilizando um termômetro de mercúrio analógico.

A umidade foi determinada a partir do Medidor de Umidade ID-200, marca Marte Científica.

A viscosidade foi realizada utilizando um viscosímetro rotacional (Brookfield - PROGRAMMABLE DV-III + Rheometer).

Para a determinação de cor foi utilizado o colorímetro konica minolta CM-5. Foram efetuadas leituras direta utilizando cerca de 10 mL de amostra acondicionada na própria cubeta do equipamento. Os parâmetros medidos foram L* (luminosidade, a* (eixo vermelho-verde) e b* (eixo amarelo-azul).

O rendimento foi realizado por meio da medida da quantidade de leite e açúcar inicial em relação ao doce de leite produzido.

Para avaliar a eficiência do processo de concentração por evaporação no evaporador de simples efeito foram determinados os parâmetros de quantidade de calor trocado, massa de vapor requerido, massa do produto final, massa de água evaporada e a eficiência do processo, de acordo com as Equações 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

$$q = U.A.\Delta T \quad (1)$$

$$M_S.(H_S - H_C) = q \quad (2)$$

$$M_F.W_F = M_P.W_P \quad (3)$$

$$M_F = M_v + M_P \quad (4)$$

$$Ev = \frac{M_V}{M_S} \quad (5)$$

Onde: q = quantidade de calor (Joule), U = coeficiente global de troca de calor ($W/m^2 \cdot K$), A = área do evaporador ($m^2$), $\Delta T$ = diferença de temperatura (°C), $M_S$= quantidade de vapor de aquecimento, $H_S$ = entalpia do vapor de aquecimento (KJ/mol), $H_C$= entalpia do condensado (KJ/mol), $M_F$ = massa do alimento(Kg), $W_F$ = concentração de alimentação, $M_P$= massa do produto (Kg), $W_P$ = concentração de produto, $M_S$ = massa de vapor de aquecimento (Kg), $M_V$ = massa de vapor que sai do evaporador (Kg).

O diâmetro do evaporador de simples efeito foi medido com auxílio de uma régua, a pressão de vapor de entrada foi medida por meio de um manômetro e o peso do produto inicial (2,9Kg) e final (800g) obtidos por meio de balança analítica.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão dispostos os resultados referentes as análises realizadas de ºBrix, Acidez Titulavel (ºD), pH, Temperatura (ºC), Umidade (%), Viscosidade (Cp) e Cor (L*, a* e b*);

Tabela 1. Resultados de ºBrix, Acidez Titulável, Índice de Refração, pH, Temperatura, Umidade, Viscosidade e Cor (L*, a* e b*) para o leite *in natura* e o doce de leite.

| **Análises** | **Leite** *in natura* | **Doce de leite** |
|---|---|---|
| ºBrix | 12,5 | 73 |
| Acidez Titulável (ºD) | 16 | 13 |
| pH | 6,6 | 5,5 |
| Temperatura (ºC) | 7 | 70 |
| Umidade (%) | 51,8 | 7,4 |
| Viscosidade (Cp) | 0,02 | 10,1 |
| Cor L* | 39,12 | 35,88 |
| Cor a* | -1,56 | -1,40 |
| Cor b* | 3,52 | 12,06 |

Todos os parâmetros apresentados na Tabela 1 são de extrema relevância para a produção do doce de leite, sendo utilizados para monitorar o controle de qualidade, as características básicas do produto, e preservar o shelf-life. A medição dos ºBrix (Sólidos Solúveis Totais) é de suma importância na indústria de doces, mantendo parâmetros físicos e químicos dos alimentos, para o leite *in natura* o valor de ºBrix foi de 12,5, já para o doce de leite foi de 73ºBrix, estando este valor do doce de leite de acordo com Perrone (2007), que encontrou uma faixa de 68 a 71ºBrix.para o doce de leite em pasta.

A correção da acidez titulável foi feita com o uso de bicarbonato de sódio com o intuito de reduzir a acidez de 16ºD para 13ºD (por legislação), além de evitar a coagulação das proteínas (caseínas). A alta acidez no leite acarreta no talhamento do doce, causado pela precipitação ácida das proteínas do leite, pois, conforme o doce é concentrado a quantidade de água diminui e a acidez aumenta. Quanto maior a acidez, maior a quantidade de bicarbonato utilizada, consequentemente mais intensa será a reação de Maillard, e a cor ficará mais próxima de caramelo.

Os valores de pH observados para o leite *in natura* e para o doce de leite foram de 6,6 e 5,5, respectivamente. Essa diminuição do pH se deve ao fato de ocorrer um aumento de concentração de ácidos, sendo eles proteínas acidificadas, fosfatos e citratos (HOUGH et al., 1991).

A temperatura final do doce de leite foi de 70ºC no momento do envase. Realizando-se o envase nesta temperatura ocorre a esterilização do doce de leite, evitando assim possíveis contaminações microbiológicas.

Os valores referentes a umidade de acordo com a legislação (BRASIL, 2010) não podem exceder 30%, estando este de acordo, com o valor de 7,4%.

A quantidade de gordura interfere diretamente na viscosidade do produto final, quanto maior o teor de gordura, menor a viscosidade do doce de leite (VIEIRA et al., 2011). Os valores para a viscosidade foram de 0,02 e 10,1 para o leite in natura e o doce de leite, respectivamente. Esse aumento se deve ao fato da agua contida no leite ter evaporado, fazendo assim com que as gorduras se concentrem, aumentando o valor da viscosidade.

Em relação a cor, os valores obtidos foram para L* de 35,88, a* de -1,40 e b* de 12,06, respectivamente. Oliveira et al. (2010), estudando a coloração de diferentes marcas de doce de leite industrializadas comercializadas em diferentes estabelecimentos da cidade de Lavras – MG observou valores de L*, a* e b* de 54,02, 3,15, 28,92, da amostra AM3, respectivamente. Estando estes valores acima dos observados no presente estudo. Esta variação de coloração pode estar relacionada a tempo de cozimento, concentração de açucares, ao evaporador de simples efeito, temperatura e pressão.

O rendimento do doce de leite, em relação aos 2,9 litros de leite utilizados com os demais ingredientes adicionados, resultou em um total de 800mL, sendo então de 27,6%.

No que concerne à eficiência do processo de evaporação, não foi satisfatória (3,3%), sendo que o ideal seria o mais perto de 99,9%. Isso se deve a diversos fatores, como o processo ter sido realizado em pequena escala, pouca quantidade de matéria prima, o vapor não ter sido utilizado totalmente (falhas do equipamento), e o tempo de cozimento ter sido muito elevado.

## 4. CONCLUSÃO

Foi possível produzir um doce de leite em um evaporador de simples efeito, em escala laboratorial, porém suas características não foram totalmente satisfatórias, apresentando pouca coloração. Esta baixa coloração pode estar relacionada com o tempo e temperatura em que o processo foi realizado. Ao avaliar a eficiência do evaporador de simples efeito obteve-se apenas 3,3%, estando muito abaixo do ideal (99,9%). A baixa eficiência pode estar relacionada com a pouca quantidade de leite in natura utilizada para a produção de doce de leite, perdas de vapor pelo evaporador e da relação entre a rampa de tempo/temperatura.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI pelo estrutura física utilizada no presente trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Alicinez; CIRINO, Ana Carolina; MARTINS, Cecilia; GOMES, Mônica. Influência do tipo de açúcar nas propriedades organolépticas do doce de leite. Nutrire. vol.36, p.60-60, 2011.

ANVISA. *Normas técnicas especiais: doce de leite*. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78_doce_leite.htm>. Acesso em 28 de maio de 2018.

ANVISA. *Regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 19 - sobremesas.* Resolução nº 388, de 05 de agosto de 1999. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/RESOLUCAO_388_1999.pdf/ac1c03bc-17b8-46a1-b8e5-1003d3a930d8> Acesso em 26 de maio de 2018.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the association analytical chemists*. Maryland: AOAC, 18 ed., 2005.

BRASIL. Portaria MAPA 855 de 27 de setembro de 2010. Disponível em: <http:// https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-855-de-27-09-2010,891.html>. Acesso em 27 de agosto de 2018.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). *Doce de Leite*. Parque Estação Biológica - Brasília, DF-Brasil. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000girl7f3902wx5ok05vadr14mvyuve.html>. Acesso em 29 de maio de 2018.

HOUGH, G.; BUERA, M.P.; MARTINEZ, E. et al. *Effect of composition on non enzymatic browning rate in dulce de leche – like systems.* Anales de la Associacion Quimica Argentina. v. 79, n. 1, p. 31-40. 1991.

OETTERER, Marília; REGITANO-D'ARCE, Marisa A. B.; SPOTO, Marta H. F. *"Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos"*. Editora: Manole Ltda. Barueri – SP. 2006.

OLIVEIRA, R. M.E., OLIVEIRA, A. R. C., RIBEIRO, L. P.; PEREIRA, R.; PINTO, S. M.; ABREU, L. R. *Caracterização química de doces de leite comercializados a granel em Lavras/MG.* Ver. Inst. Latic. Nov/Dez. 2010.

PERRONE, I. T. Tecnologia para a fabricação de doce de leite. Revista Instituto de Laticínio Cândido Tostes, v.62, n.354, p.43-49, 2007.

VIEIRA, Manuel C., GALLINA, Darlila A., CAVICHIOLO, José R., GOMES, Renato A. R., FACHINI, Cristina, ZACARCHENCO, Patrícia B. S. *Produção de Doce de Leite Tradicional, Light e Diet: Estudo Comparativo de Custos e Viabilidade Econômica*. v. 41, n. 10, São Paulo: Informações Econômicas. 2011.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL USO DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS COMO SUBSTRATO NA BIOPRODÇÃO DE POLIHIDROXIBUTIRATO (P(3HB))

**Guilherme Hassemer**
**Alexander Junges**
**Eunice Valduga**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
guilherme.hassemer@hotmail.com
junges@uricer.edu.br
veunice@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O uso de polímeros derivados do petróleo, substituindo papel e vidro, se tornou parte da sociedade atual. Isto ocorre principalmente devido à resistência e durabilidade dos polímeros, bem como o preço baixo e as propriedades mecânicas dos mesmos, o problema, contudo se encontra no descarte destes polímeros, uma vez que os mesmos levam décadas para se decompor. Uma alternativa que tem apresentado sucesso é a produção de biopolímeros, neste como o polihidroxibutirato, também conhecido como P(3HB). O P(3HB) é um poliéster sintetizado por diversos micro-organismos como* Bacillus megaterium. *O uso de resíduos agroindústrias como substratos para a produção de P(3HB) pode reduzir os custos do processo. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi a produção de P(3HB) por* B. megaterium *empregando substratos agroindustriais (Água de Maceração de Milho - AMM, Água de Parboilização de Arroz - APA e Efluente da Indústria de Balas - EIB).Os testes realizados apontaram uma produção máxima de 0,065* $g{\cdot}L^{-1}$ *sendo que a avaliação estatística dos resultados aponou que a AMM teve um impacto negativo sobre todas as variáveis consideradas. Ensaios subsequentes utilizaram apenas com EIB e APA suplementados com meio mineral e apresentaram uma produção máxima de 1,303* $g{\cdot}L^{-1}$*indicando a viabilidade de ambos como substratos.*

***Palavras-chave:*** *Coprodutos, Agroindústria, Bioprodução, P(3HB),* Bacillus megaterium.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de polímeros derivados do petróleo, substituindo materiais como o papel e o vidro, se tornou parte da sociedade atual. Isto ocorre principalmente devido à resistência e durabilidade dos polímeros bem como o preço baixo e as propriedades mecânicas dos mesmos. Porém, estas características fazem com que os mesmos se tornem um problema após o descarte. O acúmulo de plásticos no meio ambiente representa um problema global e assim, buscam-se formas de tratar estes resíduos (FERNANDES, 2013).

Uma alternativa que tem apresentado sucesso é a produção de biopolímeros, onde dentre os mais estudados está o polihidroxibutirato, também conhecidos como P(3HB). O P(3HB) é um poliéster sintetizado por diversos micro-organismos e considerado um possível substituto de polímeros petroquímicos em diversos setores industriais (PARK; CHOI; LEE, 2005).

Em reação a produção de produção de P(3HB), tanto em escala industrial quanto em piloto e bancada, nota-se que os meios de cultura mais utilizados para o cultivo dos micro-organismos produtores são melaços, principalmente cana e beterraba, e xaropes. Estes substratos possuem alto valor agregado, fazendo com que o processo se torne ainda mais caro. Além disso, sua utilização faz com que áreas de cultura de cana de açúcar e outros vegetais próprios da dieta humana sejam desviadas da produção de alimentos (FACCIN et al., 2013; WHITE; LAIRD; HUGHES, 2017; THOMAS; BALAKRISHNAN; SREEKALA, 2018).

Visando reduzir custos, algo que tem sido muito procurado é a utilização de coprodutos de processos industriais como matérias primas. A utilização destes compostos se torna vantajoso para a indústria pois permite agregar valor à materiais que muitas vezes são descartados ou tratados como efluentes. No processamento de amido de milho, um dos coprodutos gerados é a água de maceração de milho. Este composto é rico em vitaminas, aminoácidos e minerais. Sua aplicação é restrita, sendo muito utilizada como ingrediente na alimentação animal. Contudo, devido a sua composição nutricional existe a possibilidade de utilização da mesma em processos biotecnológicos (ARAÚJO et al., 2015; COLET et al., 2017). Mais um processo que gera um grande volume de coprodutos é a parboilização de arroz. O efluente deste processo é rico

em fósforo e nitrogênio, possui baixa viscosidade e pH ácido. Até o momento ainda existem poucos estudos sobre a utilização destes coprodutos na produção de PHAs, porém ambos apresentam potencial de aplicação como substrato para o cultivo de micro-organismos (ARAÚJO et al., 2015; MUKHERJEE et al., 2016).

Outra indústria cujos coprodutos poderiam ser empregados na biotecnologia é a de confeitos e balas. De modo geral, o setor possui grande diversidade de produtos e processos, com 25 empresas atuando no Brasil (ABICAB, 2018). Os principais coprodutos da indústria vêm na forma de efluentes, ricos em açúcares e/ou gorduras, o que faz com que os mesmos possam causar impactos graves ao meio ambiente caso sejam descartados sem tratamento adequado. Entretanto, a alta demanda química e bioquímica de $O_2$ em conjunto com o grande volume de efluente gerado torna o tratamento adequado dos efluentes um processo custoso (MAQBOOL et al., 2017; PAPADAKI et al., 2018).

Neste sentido, o presente trabalho busca utilizar resíduos agroindustriais de baixo valor agregado, amplamente disponíveis e pouco utilizados como substratos para produzir um biopolímero biodegradável com potencial de utilização na produção de embalagens alimentícias, reduzindo assim o impacto ambiental causado pela ação humana tanto em relação ao acúmulo de resíduos plásticos quanto na contaminação de corpos de água pelo despejo de efluentes que, mesmo tratados previamente, podem impactar a qualidade dos mesmos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Micro-organismo empregado

A bactéria *Bacillus megaterium* ATCC 14581 foi utilizada durante os ensaios, sendo que mesma foi adquirida da Fundação André Tozello e mantida em ultra freezer, a -80 ºC ± 2, em solução crioprotetora (20 % glicerol) até o momento de sua utilização. A cepa foi reativada utilizando meio mineral acrescido de glicose (16 $g \cdot L^{-1}$) e 2 $g \cdot L^{-1}$ de fonte de nitrogênio conforme descrito por Hassemer (2016).

### 2.2 Meio de Cultura

Para realizar os cultivos do micro-organismo, foram empregados 3 coprodutos da agroindústria de alimentos: água de parboilização de arroz (APA) cedida pela Indústria Nelson Wendt (Pelotas, Rio Grande do Sul), água de maceração de milho (AMM) cedida pela Corn Products (Mogi Guaçu, São Paulo) e efluente da lavagem de drageadeiras da indústria de balas (EIB) adquirido juntamente ai uma indústria de balas e doces da região do Alto Uruguai. Dentre estes efluentes, foram utilizados também dois lotes diferentes de EIB e AMM.

Os coprodutos foram submetidos a um pré-tratamento de acordo com a metodologia descrita por Valduga *et al*. (2007). Para a água de maceração de milho (AMM), o processo consistiu na adição de ácido fosfórico até o pH 3,0. A AMM permaneceu em repouso por 24 h a 25 ºC, sendo então centrifugados por 15 min a 3000 *g*. Após a centrifugação, ajustou-se o pH para 4,0 utilizando solução de hidróxido de sódio 2 $mol \cdot L^{-1}$. devido a presença de corantes no efluente da indústria de balas, utilizou-se um tratamento com carvão ativado. O efluente contendo 4 % (m/v) de carvão foi aquecido a 80 ºC ± 2 ºC por 1 h sob agitação constante. Após este período, o mesmo foi resfriado a 25ºC e filtrado utilizando papel filtro e terra diatomácea. Após a filtração o efluente foi ainda centrifugado por 15 min a 3000 *g* para remover o residual de carvão ativado.

### 2.3 Bioprodução de P(3HB) em frascos agitados

Para avaliar os efeitos da composição do meio de cultura a base de substratos agroindustriais no crescimento da cultura e na produção do polímero, empregou-se um planejamento fatorial completo $2^2$, variando-se a concentração de EIB (6,0 a 55,0 $g \cdot L^{-1}$ de COT), AMM (0,0 a 2,50 $g \cdot L^{-1}$ de COT), APA (40,0 $mg \cdot L^{-1}$ de COT). As variáveis independentes fixas foram a temperatura (30 ºC), agitação (180 rpm) e tempo de bioprodução (28 h). Visando maximizar a produção do biopolímero, da condição de máxima concentração do planejamento fatorial completo $2^2$ empregou-se a suplementação com meio mineral (3,6 $g \cdot L^{-1}$ $Na_2HPO_4$, 1,5 $g \cdot L^{-1}$ $KH_2PO_4$, 0,05 $g \cdot L^{-1}$ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,1 $g \cdot L^{-1}$ ácido cítrico, 0,01 $g \cdot L^{-1}$ $CaCl_2 \cdot 2\ H_2O$, 8 $mg \cdot L^{-1}$ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,3 $mg \cdot L^{-1}$ $H_3BO_3$, 0,2 $mg \cdot L^{-1}$ $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, 0,03 $mg \cdot L^{-1}$ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,03 $mg \cdot L^{-1}$ $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, 0,03 $mg \cdot L^{-1}$ $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, 0,03 $mg \cdot L^{-1}$ $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,01 $mg \cdot L^{-1}$ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$), 2 $g \cdot L^{-1}$ $(NH_4)_2SO_4$).

### 2.4 Determinação de Massa Seca e Quantificação de Produto

A determinação de biomassa total foi realizada por gravimetria, para isto, as amostras foram centrifugadas 3 vezes a 3000 *g* por 15 min, com o sobrenadante sendo removido e o precipitado lavado com água destilada entre as centrifugações. A biomassa precipitada foi então mantida em estufa a 50 °C, até atingir peso constante. A recuperação do produto adaptou a metodologia empregada por Hassemer (2016). A quantificação foi realizada via cromatografia gasosa utilizando coluna Rtx-Wax 30m. Uma curva de calibração foi realizada utilizando P(3HB) padrão Sigma-Aldrich.

### 2.5 Avaliação Estatística

Os resultados foram tratados estatisticamente mediante metodologia de planejamento de experimentos, pela análise de variância - ANOVA, comparação de médias pelo teste de Tukey, coma auxílio do software STATISTICA versão 5.0 (StatSoft/Dell, USA), com 95% de confiança.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados ao longo do planejamento fatorial $2^2$ estão apresentados na Figura 1, sendo que a matriz do planejamento com valores reais e codificados pode ser visualizada na Tabela 1:

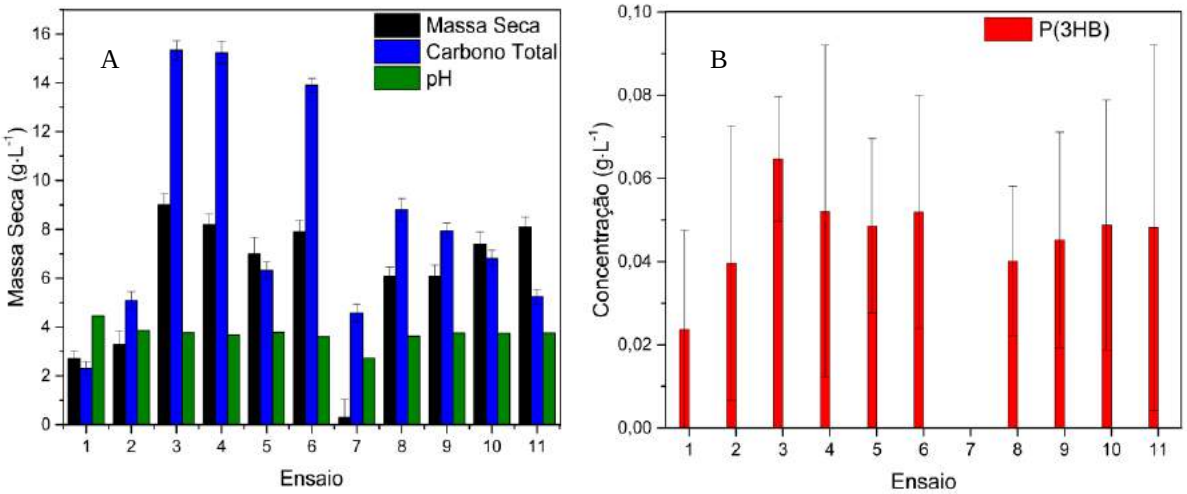



Figura 1. Perfil da concentração de massa seca, carbono total, valor de pH (A) e P(3HB) (B) nos ensaios do planejamento experimental $2^2$ após 28 h de cultivo

Tabela 1 – Matriz do planejamento fatorial completo $2^2$ (Valores reais e codificados) e as respostas em termos de massa seca, P(3HB) e pH.

| Ensaio | Variáveis Independentes* | | Respostas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $X_1$ (EIB) | $X_2$ (AMM) | Massa Seca ($g \cdot L^{-1}$) | P(3HB) ($g \cdot L^{-1}$) | P(3HB) (%) | pH |
| 1 | -1 (10,07) | -1 (0,43) | 2,701 ± 0,326 | 0,024 ± 0,024 | 0,875 ± 0,124 | 4,46 ± 0,15 |
| 2 | 1 (29,93) | -1 (0,43) | 3,300 ± 0,557 | 0,040 ± 0,033 | 1,201 ± 0,202 | 3,87 ± 0,19 |
| 3 | -1 (10,07) | 1 (1,89) | 8,999 ± 0,458 | 0,065 ± 0,015 | 0,718 ± 0,039 | 3,77 ± 0,23 |
| 4 | 1 (29,93) | 1 (1,89) | 8,201 ± 0,415 | 0,052 ± 0,04 | 0,635 ± 0,057 | 3,67 ± 0,12 |
| 5 | -1,41 (6,00) | 0 (1,46) | 6,994 ± 0,678 | 0,049 ± 0,021 | 0,693 ± 0,035 | 3,79 ± 0,08 |
| 6 | 1,41 (55,00) | 0 (1,46) | 7,897 ± 0,469 | 0,052 ± 0,028 | 0,657 ± 0,089 | 3,61 ± 0,27 |
| 7 | 0 (20,00) | -1,41 (0,00) | 0,300 ± 0,743 | N/D | N/D | 2,72 ± 0,15 |
| 8 | 0 (20,00) | 1,41 (2,5) | 6,099 ± 0,358 | 0,040 ± 0,018 | 0,657 ± 0,096 | 3,63 ± 0,21 |
| 9 | 0 (20,00) | 0 (1,46) | 6,398 ± 0,455 | 0,045 ± 0,026 | 0,740 ± 0,103 | 3,76 ± 0,04 |
| 10 | 0 (20,00) | 0 (1,46) | 7,400 ± 0,496 | 0,049 ± 0,03 | 0,659 ± 0,075 | 3,75 ± 0,10 |
| 11 | 0 (20,00) | 0 (1,46) | 8,100 ± 0,419 | 0,048 ± 0,044 | 0,594 ± 0,086 | 3,76 ± 0,01 |

*X1 = EIB ($g \cdot L^{-1}$ de COT); X2 = AMM ($g \cdot L^{-1}$ de COT); variáveis independentes fixas: APA (0,04 $g \cdot L^{-1}$ de COT). N/D – Não detectado

Observando os dados encontrados, percebe-se que o máximo de produto encontrado foi de 0,065 g $L^{-1}$ (1,2 % da massa seca total). A avaliação estatística via Diagramas de Pareto apontou que a AMM ($p<0,05$) apresenta um impacto negativo sobre as culturas em relação a todas as variáveis medidas. A presença da AMM em nível quadrático ($p<0,05$)

infere uma influência negativa na quantidade de massa seca total obtida, enquanto que as demais variáveis e interações não foram estatisticamente relevantes.

No que se refere ao pH das culturas, todas as variáveis apresentaram-se significativas, com a AMM sendo a responsável pelo maior efeito negativo sobre a acidez do meio. Já no que diz respeito a formação de produto, percebe-se novamente a influência negativa da AMM na produção de P(3HB), enquanto que o EIB em nível quadrático apresentou um efeito positivo para este parâmetro. Em contrapartida, na proporção de P(3HB) em relação a massa seca total, as variáveis não foram estatisticamente significativas, com exceção da AMM em nível linear que, mais uma vez, apresentou um efeito negativo.

O comportamento da AMM pode estar relacionado ao aumento da viscosidade do meio de cultua acrescido, dificultando a transferência gasosa, e por consequência, reduzindo o rendimento total, visto que *B. megaterium* é um micro-organismo estritamente aeróbio (VOS et al., 2009; PANDIAN et al., 2010; ABDEL et al., 2013). O coproduto da indústria de balas apresentou uma influência positiva ($p<0,05$) no processo, uma vez que o excesso de fonte de carbono é essencial para o acúmulo de P(3HB) por *B. megaterium*. Quantidades excessivas no entanto, podem prejudicar a cultura devido ao aumento da pressão osmótica do meio, levando a morte da cultura (BEAULIEU et al., 1995; WU et al., 2001; PANDIAN et al., 2010).

Baseado nos resultados do planejamento fatorial $2^2$ dois ensaios foram realizando utilizando os coprodutos tratados e dois lotes de AMM na concentração de 55,87 $g \cdot L^{-1}$ de COT para EIB, 2,90 $g \cdot L^{-1}$ de COT para AMM e 0,04 $g \cdot L^{-1}$ de COT para APA. Estes testes buscaram verificar se o mesmo comportamento seria observado ou se um novo lote de AMM seria capaz de alterar o desempenho da cultura. Os resultados encontrados podem ser visualizados na Tabela 2

Tabela 2. Concentração de massa seca e P(3HB) em cultivos do planejamento ($2^3$) utilizando dois lotes de AMM tratada

| Substratos* | Massa seca ($g \cdot L^{-1}$) | P(3HB) ($g \cdot L^{-1}$) | P(3HB) (%) |
|---|---|---|---|
| AMM (Lote 1) | $11,325^b \pm 0,779$ | $0,121^a \pm 0,016$ | $1,140^a \pm 0,015$ |
| AMM (Lote 2) | $18,900^a \pm 0,844$ | $0,119^a \pm 0,022$ | $0,294^b \pm 0,059$ |

Média ± desvio padrão; letras iguais nas colunas indicam não haver diferença significativa em nível de significância de 5% (Teste de t-student).

Os dados encontrados ao longo destes testes apontam que o comportamento de geração diminuta de produto está associado a ambos os lotes de AMM. Os dados também deixam claro que embora o Lote 2 tenha apresentado um valor mais elevado para massas seca, a concentração de P(3HB) entre ambas as composições não apresentou diferença significativa. Considerando que a AMM apresenta um impacto negativo sobre o desempenho geral da cultura, cultivos foram elaborados utilizando apenas EIB e APA em 2 níveis de concentração. O primeiro consistiu na utilização dos coprodutos em uma proporção de 50 % (v/v), enquanto que o segundo utilizou os substratos em concentração suficiente para atingir um valor total de 16 $g \cdot L^{-1}$ de COT. Ambos os níveis foram ainda suplementados com meio mineral e fonte de nitrogênio, conforme a metodologia descrita por Hassemer (2016). A Tabela 3 descreve os dados encontrados nestes ensaios.

Tabela 3. Concentração de massa seca e P(3HB) em cultivos com EIB e APA suplementados com meio mineral

| Composição do meio** | Massa Seca* ($g \cdot L^{-1}$) | P(3HB)* ($g \cdot L^{-1}$) | P(3HB)* (%) |
|---|---|---|---|
| EIB concentrado | $1,433^c \pm 0,047$ | $0,403^c \pm 0,058$ | $27,699^b \pm 3,058$ |
| EIB + APA (50 %, v/v) | $2,250^b \pm 0,250$ | $0,831^b \pm 0,172$ | $36,511^a \pm 3,605$ |
| EIB (16 $g \cdot L^{-1}$) | $2,467^b \pm 0,170$ | $0,350^d \pm 0,039$ | $14,947^c \pm 1,974$ |
| EIB + APA (16 $g \cdot L^{-1}$) | $3,150^a \pm 0,087$ | $1,303^a \pm 0,301$ | $30,871^a \pm 3,431$ |

*Média ± desvio padrão; letras iguais nas colunas indicam não haver diferença significativa em nível de significância de 5% (Teste de Tukey)

Observando a tabela, nota-se que os substratos que utilizaram os coprodutos em sua forma concentrada apresentaram uma diferença significativa entre si no que se refere a concentração de biomassa gerada. Em relação ao acúmulo de produto, percebe-se que novamente o substrato adicionado de APA apresentou uma concentração maior em relação ao substrato composto apenas por EIB, contudo a relação entre a quantidade de P(3HB) em relação a biomassa formada não foi estatisticamente significativa.

Para os cultivos utilizando os coprodutos diluídos, nota-se que há diferença significativa entre os valores de massa seca, contudo isto não pode ser aplicado aos valores de P(3HB), indicando que a adição da APA por si só não é suficiente para aumentar a taxa de produção da cultura. O uso do EIB em sua forma concentrada contendo apenas os componentes do meio mineral, causou uma redução significativa no rendimento do processo no que se refere a formação de biomassa. Enquanto, que a concentração de produto não apresentou grande diferença quando comparado com os demais ensaios (com exceção do cultivo utilizado EIB + APA 50 % (v/v)).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados encontrado ao longo do estudo, pode-se perceber que o EIB apresentou bom potencial de utilização, indicando que os açúcares presentes no mesmo podem sim ser empregados no metabolismo celular do micro-organismo alvo. A APA também indica potencial de aplicação em conjunto com o EIB, uma vez que a mesma possui minerais que auxiliam na manutenção das células. A AMM, no entanto, apresentou um impacto geral negativo sobre o rendimento do processo, sendo que este feito pode estar associado a viscosidade do mesmo, que dificulta a permeação de nutrientes e $O_2$ par ao interior da célula e reduzindo a taxa metabólica das mesmas.

Desta forma, pode-se afirmar que embora EIB e APA apresentem um potencial interessante para o cultivo de *B. megaterium*, contudo são agora necessários mais testes para determinar os parâmetros a serem alterados de forma a maximizar a produção.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, Uri – Erechim e a todos os envolvidos no projeto.

## 6. REFERÊNCIAS

ABDEL, A. et al. Large-scale production and efficient recovery of PHB with desirable material properties, from the newly characterised Bacillus cereus SPV. **Journal of Dairy Science**, v. 23, n. 1, p. 1–8, 2013.

ARAÚJO, R. DE et al. Aproveitamento Da Água De Maceração De Milho Para Produção De Compostos Bioativos Por Aspergillus Niger. **E-xacta**, v. 8, n. 1, p. 15–29, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, CACAU, AMENDOIM, BALAS E DERIVADOS, A. **Associados Balas & Derivados**.

BEAULIEU, M. et al. INFLUENCE OF AMMONIUM-SALTS AND CANE MOLASSES ON GROWTH OF ALCALIGENES-EUTROPHUS AND PRODUCTION OF POLYHYDROXYBUTYRATE. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 61, n. 1, p. 165–169, 1995.

COLET, R. et al. Use of low-cost agro products as substrate in semi-continuous process to obtain carotenoids by Sporidiobolus salmonicolor. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 11, n. July, p. 268–274, 2017.

FACCIN, D. J. L. et al. Influence of oxygen transfer rate on the accumulation of poly(3-hydroxybutyrate) by Bacillus megaterium. **Process Biochemistry**, v. 48, n. 3, p. 420–425, 2013.

FERNANDES, I. A. **Estudo da Imobilização de Lipases Utilizando Poli-Hidroxibutirato-Co-Hidroxivalerato (Phbv) e Poliuretano (Pu) Como Suportes**. [s.l.] Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2013.

HASSEMER, G. DE S. **Produção de P(3HB) Por Bacillus megaterium Utilizando Permeado de Soro de Leite**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

MAQBOOL, F. et al. Confectionary wastewater treatment through upflow microbial fuel cell. **Desalination and Water Treatment**, v. 99, n. May, p. 248–254, 2017.

MUKHERJEE, C. et al. Parboiled rice effluent: A wastewater niche for microalgae and cyanobacteria with growth coupled to comprehensive remediation and phosphorus biofertilization. 2016.

PANDIAN, S. R. et al. Optimization and fed-batch production of PHB utilizing dairy waste and sea water as nutrient sources by Bacillus megaterium SRKP-3. **Bioresource technology**, v. 101, n. 2, p. 705–11, jan. 2010.

PAPADAKI, A. et al. Bioprocess development for biolubricant production using microbial oil derived via fermentation from confectionery industry wastes. **Bioresource Technology**, v. 267, n. April, p. 311–318, 2018.

PARK, S. J.; CHOI, J. I.; LEE, S. Y. Short-chain-length polyhydroxyalkanoates: Synthesis in metabolically engineered Escherichia coli and medical applications. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 15, n. 1, p. 206–215, 2005.

THOMAS, S.; BALAKRISHNAN, P.; SREEKALA, M. S. **Fundamental Biomaterials: Polymers**. 1. ed. Amsterdam: Woodhead Publihing, 2018.

VALDUGA, E. et al. Pré-Tratamentos de Melaço de Cana-de-Açúcar e Água de Maceração de Milho Para a Bioprodução de Carotenóides. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1860–1866, 2007.

VOS, P. et al. **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology - Volume 3: The Firmicutes**. [s.l.] Springer, 2009.

WHITE, C.; LAIRD, D. W.; HUGHES, L. J. From carbon waste to carbon product: Converting oxalate to polyhydroxybutyrate using a mixed microbial culture. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 5, p. 2362–2365, 2017.

WU, Q. et al. Production of poly-3-hydroxybutyrate by Bacillus sp JMa5 cultivated in molasses media. **Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology**, v. 80, n. 2, p. 111–118, 2001.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso juntamente a este artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COM POTENCIAL DE APLICAÇÃO BIOTECNOLÓGICA

**Guilherme Hassemer**
**Alexander Junges**
**Eunice Valduga**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
guilherme.hassemer@hotmail.com
junges@uricer.edu.br
veunice@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O desenvolvimento de estratégias para utilizar resíduos e/ou coprodutos oriundos da indústria de alimentos auxilia equilíbrio entre produção e meio ambiente. O milho é uma das bases da alimentação humana, sendo que a moagem úmida é uma das principais formas de processamento e gera como coproduto a água de maceração de milho (AMM). Outros setores que produzem uma quantidade considerável de resíduos são a indústria do arroz, com água de parboilização de arroz (APA) e a indústria de balas com efluente da lavagem de drageadores (EIB) que poderiam ser empregados na biotecnologia. Assim, o presente estudo buscou caracterizar estes resíduos e/ou coprodutos a fim de verificar seu potencial de utilização como substratos para o cultivo de micro-organismos. Os resultados apontam que AMM, APA e EIB apresentam potencial de utilização como substratos, pois as fontes de carbono presentes na AMM tratada (18,47 $g{\cdot}L^{-1}$ e 24,87 $g{\cdot}L^{-1}$) e no EIB (249,50 $g{\cdot}L^{-1}$ e 171,75 $g{\cdot}L^{-1}$,) bem como compostos nitrogenados presentes em ambos os lotes de AMM (6,29 $g{\cdot}L^{-1}$ e 4,23 $g{\cdot}L^{-1}$) quando adicionados à APA que é rica em minerais podem suprir adequadamente as necessidades de diferentes micro-organismos, porém é necessário variar as concentrações dos coprodutos, em função do biocomposto de interesse.*

***Palavras-chave:*** *Coprodutos, Agroindústria, Caracterização, Milho, Arroz.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas formas de utilizar coprodutos e/ou coprodutos oriundos da cadeia produtiva da indústria de alimentos auxilia no aumento do equilíbrio entre produção e meio ambiente (NDUBUISI EZEJIOFOR; ENEBAKU; OGUEKE, 2014; ARAÚJO et al., 2015).

O milho é um dos grãos mais consumidos mundialmente, constituindo uma das principais bases da alimentação humana, sendo que um dos principais processos é a moagem úmida do milho que gera como coproduto a água de maceração de milho (AMM) (ARAÚJO et al., 2015). A AMM é um líquido viscoso que contém grande parte dos elementos solúveis presentes no milho, é rica em vitaminas, aminoácidos e minerais, contendo aproximadamente 50 % (m/m) de sólidos e pH levemente ácido (3,7 a 4,7) (SIGMA-ALDRICH, 2010).

A utilização da AMM ainda é restrita, sendo muito utilizada como ingrediente na alimentação animal (SIGMA-ALDRICH, 2010; USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE., 2010; ARAÚJO et al., 2015). Contudo, devido a sua composição em componentes minerais existe a possibilidade de utilização da mesma em processos biotecnológicos.

Outro processo que gera um grande volume de resíduos e/ou coprodutos é a parboilização de arroz, sendo que o Brasil é o maior produtor de arroz entre os países da América e Europa, produzindo na safra de 2016/2017 mais de 8,38 milhões de toneladas (CHILDS; RASZAP, 2017). O processo de parboilização é amplamente utilizado no Brasil, sendo que a parboilização consiste na imersão do grão de arroz em água em uma temperatura superior a 58ºC. Isso faz com que o amido presente no grão seja gelatinizado e subsequentemente retrogradado (ABIAP, 2013).

Por exemplo, Colet *et al.* (2017) utilizou AMM juntamente com APA e glicerol como substrato para a produção de carotenoides em sistema semi-contínuo por *Sporidiobolus salmonicolor*, obtendo um aumento de 54 % no rendimento do processo em relação ao processo utilizando substratos tradicionais.

Outra indústria cujos coprodutos poderiam ser empregados na biotecnologia é a de confeitos e balas. De modo geral, o setor possui grande diversidade de produtos e processos, com mais de 20 empresas atuando no Brasil tanto no mercado interno quanto a nível de exportação (ABICAB, 2018). Segundo Miah et al. (2018), a indústria possui três

setores principais, produtos à base de chocolate, produtos à base de açúcar (caramelos, balas, gomas de mascar) e produtos de confeitaria (bolos, biscoitos recobertos com chocolate, etc.). Os principais coprodutos da indústria vêm na forma de efluentes, ricos em açúcares e/ou gorduras, o que faz com que os mesmos possam causar impactos graves ao meio ambiente caso sejam descartados sem tratamento adequado. Entretanto, a alta demanda química e bioquímica de $O_2$ em conjunto com o grande volume de efluente gerado torna o tratamento adequado dos efluentes um processo custoso (MAQBOOL et al., 2017; PAPADAKI et al., 2018).

Até o momento ainda existem poucos estudos sobre a utilização destes coprodutos no setor biotecnológico (ARAÚJO et al., 2015; MUKHERJEE et al., 2016), assim, o presente estudo buscou caracterizar estes coprodutos a fim de verificar sua potencial utilização como substrato para o cultivo de micro-organismos, visando a produção de biocompostos (Biopolímeros, pigmentos, enzimas, etc)..

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Resíduos e/ou coprodutos Agroindustriais

No presente estudo foram utilizados três coprodutos da agroindústria de alimentos: água de parboilização de arroz (APA) cedida pela Indústria Nelson Wendt (Pelotas, Rio Grande do Sul), água de maceração de milho (AMM) cedida pela Corn Products (Mogi Guaçu, São Paulo) e efluente da lavagem de drageadeiras da indústria de balas (EIB) cedido por uma indústria de balas e doces da região do Alto Uruguai. Sendo que dentre estes efluentes, foram utilizados dois lotes diferentes de EIB e AMM.

### 2.2 Tratamentos de clarificação dos resíduos agroindustriais

Os lotes de EIB e AMM foram também submetidos a um pré-tratamento, empregando a metodologia descrita por Valduga *et al*. (2007). Para a água de maceração de milho (AMM), o processo consistiu na adição de ácido fosfórico até o pH 3,0. A AMM permaneceu em repouso por 24 h a 25ºC, sendo então centrifugados por 15 min a 3000 *g*. Após a centrifugação, ajustou-se o pH para 4,0 utilizando solução de hidróxido de sódio 2 $mol \cdot L^{-1}$. Devido a presença de corantes no efluente da indústria de balas (EIB) utilizou-se um tratamento com carvão ativado. O efluente contendo 4 % (m/v) de carvão foi aquecido a 80 ºC ± 2 ºC por 1 h sob agitação constante. Após este período, o mesmo foi resfriado a 25ºC e filtrado utilizando papel filtro e terra diatomácea. Após a filtração o efluente foi ainda centrifugado por 15 min a 3000 *g* para remover o residual de carvão ativado.

Os resíduos agroindustriais brutos e tratados foram caracterizados em relação a densidade, carbono orgânico total – COT e componentes minerais: $N_2$, Ca, Cu, Fe, Mg, Na e Zn.

### 2.3 Metodologias Analíticas

#### *2.2.1 Densidade aparente*

O perfil de densidade dos resíduos agroindustriais brutos e pré-tratados foram realizados utilizando um densímetro (Baumé, Labsynth, Brasil) com escala 0/20, a 25ºC (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

#### *2.2.2 Concentração de carbono orgânico e nitrogênio total*

O COT e nitrogênio total foram quantificados utilizando um analisador de carbono (TOC-V CSH, Shimadzu, Japão) e um analisador de nitrogênio (TNM-1, Shimadzu, Japão) acoplados a um injetor automático e utilizando ar sintético como gás de arraste. A interface de coleta de dados utilizada será o sistema TOC Control-V) (COLET et al., 2017).

#### *2.2.3 Minerais totais e componentes minerais*

Os minerais totais (cinzas) foram quantificados pelo método de incineração em mufla (400C, Fornos Lavoisier, Brasil) a 550 ºC até atingirem peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Para a quantificação da concentração dos componentes minerais específicos (Ca, Cu, Fe, Mg, Na e Zn), inicialmente 1 g das cinzas foram dissolvidas em solução de ácido nítrico a 5%. As leituras foram realizadas por espectrometria de absorção atômica em chama FAAS (AA-55, Varian Inc., Estados Unidos), empregando como fonte de radiação, lâmpadas de cátodo oco específicas para cada um dos minerais e chama de ar/acetileno e óxido nitroso/acetileno. As leituras de Mg, K, Mn e Fe foram realizadas no FAAS, no modo absorção. Para eliminar possíveis interferências será adicionado cloreto de lantânio 1 % na determinação de Mg e Ca, solução de Ca a 1000 ppm, para determinação do elemento Fe. Os cálculos dos teores dos minerais nas amostras foram baseados em uma curva de calibração obtida com as soluções padrão (URNAU, 2018).

### 2.4 Avaliação Estatística

Os resultados foram tratados estatisticamente pela análise de variância - ANOVA, comparação de médias pelo teste de Tukey, coma auxílio do software STATISTICA versão 5.0 (StatSoft/Dell, USA), com 95% de confiança.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a densidade aparente dos resíduos agroindustriais brutos.

Tabela 1. Densidade aparente (g $cm^3$, 25 ºC) dos resíduos agroindustriais brutos

| Descrição | Densidade * ($g \cdot cm^{-3}$) |
|---|---|
| APA | $1{,}002^{d} \pm 0{,}012$ |
| AMM (Lote 1) | $1{,}245^{a} \pm 0{,}016$ |
| AMM (Lote 2) | $1{,}210^{a} \pm 0{,}010$ |
| EIB (Lote 1) | $1{,}025^{c} \pm 0{,}004$ |
| EIB (lote 2) | $1{,}040^{b} \pm 0{,}006$ |

*Média ± desvio padrão seguida de letras iguais/colunas indicam não haver diferença significativa á nível de 95% de confiança (Teste de Tukey).

De modo geral, os coprodutos apresentaram valores de densidade similares, com exceção dos lotes de AMM, os quais possuem maior densidade média, sendo uma mistura heterogênea e com sólidos em suspensão. Os resultados obtidos para AMM estão de acordo com o que reportado na literatura (HOFER et al., 2018; USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2010), densidade média na faixa de 1,2 a 1,4 $g \cdot cm^{-3}$

A Tabela 2 apresenta a concentração de carbono orgânico e nitrogênio total dos resíduos agroindustriais brutos e tratados.

Tabela 2. Concentração de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) dos coprodutos agroindustriais brutos e tratados.

| Coprodutos | NT ($mg \cdot L^{-1}$) | COT ($mg \cdot L^{-1}$) |
|---|---|---|
| APA Bruta | $160{,}1^{e} \pm 25{,}2$ | $433{,}6^{g} \pm 194{,}9$ |
| EIB Tratado (Lote 1) | $8{,}5^{f} \pm 0{,}9$ | $249.502{,}0^{a} \pm 3500{,}0$ |
| EIB Tratado (Lote 2) | $1{,}7^{g} \pm 0{,}2$ | $171.751{,}0^{b} \pm 650{,}0$ |
| AMM Bruta (Lote 1) | $40.340{,}0^{d} \pm 787{,}2$ | $1.691{,}3^{e} \pm 67{,}2$ |
| AMM Bruta (Lote 2) | $56.140{,}0^{a} \pm 710{,}0$ | $1.323{,}2^{f} \pm 53{,}6$ |
| AMM Tratada (Lote 1) | $6.294{,}9^{b} \pm 684{,}9$ | $18.470{,}0^{d} \pm 390{,}0$ |
| AMM Tratada (Lote 2) | $4.233{,}9^{c} \pm 296{,}2$ | $24.875{,}0^{c} \pm 225{,}0$ |

*Média ± desvio padrão seguida de letras iguais/colunas indicam não haver diferença significativa á nível de 95% de confiança (Teste de Tukey).

Observando os resultados da Tabela 2, a AMM (Lote 2) e o EIB (Lote 1) são os compostos mais ricos em nitrogênio total e carbono orgânico, respectivamente. Estes coprodutos apresentam um comportamento inverso quando comparados entre si, com a AMM sendo rica em nitrogênio e pobre e carbono e o EIB rico em carbono, mas pobre em nitrogênio. Além disso, o tratamento ácido da AMM reduziu significativamente a concentração de nitrogênio, apresentando uma redução de 84,39 % para o lote 1 e 92,45 % para o lote 2 no teor de nitrogênio e aumentando a concentração de carbono em quase 10 vezes. O mesmo comportamento foi verificado por Urnau (2018), onde após o tratamento da AMM, a concentração de nitrogênio caiu cerca de 83,16 %, enquanto a concentração de carbono orgânico aumentou 334,19 %.

Em relação a APA e EIB, nota-se que os mesmos apresentam baixos teores de nitrogênio. A visualização destes valores se torna importante, uma vez que aponta que a utilização dos coprodutos individualmente como meio de cultura não apresentará rendimento adequado, devido à falta de nutrientes.

A avaliação de minerais totais (cinzas) foi realizada em ambos os lotes de AMM e revelou que o Lote 1 da AMM contém maior teor (4 $g \cdot L^{-1}$), quando comparado ao Lote 2 (2 $g \cdot L^{-1}$). Os dados encontrados apontam também que o EIB apresenta baixo teor de minerais totais, uma vez que este efluente é oriundo da lavagem das drageadeiras utilizados na produção de balas e confeitos. A Tabela 3 apresenta a composição dos componentes minerais (Ca, Cu, Fe, Na, Mg e Zn) dos coprodutos (AMM, APA e EIB) tratados.

Tabela 3. Composição mineral dos coprodutos agroindustriais tratados

| Coprodutos | Componentes minerais | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ca | Cu | Fe | Na | Mg | Zn |
| APA ($mg \cdot L^{-1}$) | $36,5^{a} \pm 3,5$ | N/D | N/D | $75,5^{a} \pm 4,5$ | $36,5^{a} \pm 6,5$ | N/D |
| EIB (Lote 1) ($mg \cdot L^{-1}$) | $4,8^{b} \pm 0,2$ | N/D | N/D | $5,5^{b} \pm 1,5$ | $0,8^{d} \pm 1,5$ | N/D |
| EIB (Lote 2) ($mg \cdot L^{-1}$) | $2,0^{c} \pm 0,5$ | N/D | N/D | $4,0^{b} \pm 1,0$ | N/D | N/D |
| AMM (Lote 1) ($mg \cdot g^{-1}$) | $0,8^{d} \pm 0,2$ | $0,5^{b} \pm 0,1$ | $0,9^{b} \pm 0,3$ | $2,7^{bc} \pm 0,5$ | $4,6^{c} \pm 0,2$ | $0,7^{a} \pm 0,1$ |
| AMM (Lote 2) ($mg \cdot g^{-1}$) | $0,9^{d} \pm 0,3$ | $1,5^{a} \pm 0,3$ | $1,4^{a} \pm 0,2$ | $2,0^{c} \pm 0,4$ | $5,7^{b} \pm 0,3$ | $0,9^{a} \pm 0,2$ |

*Média ± desvio padrão seguida de letras iguais/colunas indicam não haver diferença significativa á nível de 95% de confiança (Teste de Tukey). N/D – Não detectado

Observando os valores referentes a concentração de minerais nos diferentes coprodutos agroindustriais, é possível perceber que de modo geral, os dados obtidos para AMM foram mais altos que os dados apresentados por Hofer et al. (2018), com valores de cobre, cálcio e zinco consideravelmente maiores (0,005 $mg \cdot g^{-1}$, 0,361 $mg \cdot g^{-1}$, 0,105 $mg \cdot g^{-1}$ respectivamente). Em contrapartida, a concentração de magnésio foi mais baixa do que o reportado pelos autores (6,4 $mg \cdot g^{-1}$). O perfil mineral da APA em contrapartida, permaneceu consideravelmente abaixo dos valores encontrados por Colet et al. (2017), sobretudo no que se refere a quantidade de sódio (373,0 $mg \cdot L^{-1}$) e cálcio (452,28 $mg \cdot L^{-1}$).

Além disso, é possível perceber ainda que embora rico em COT, o EIB apresenta pouca quantidade de minerais, com valores de Cu, Fe e Zn estando abaixo do limite de detecção do método. Isto sugere que embora adequado no que se refere a presença de fonte de carbono pode se tornar necessária a suplementação deste meio (seja com diferentes concentrações dos demais coprodutos ou pela adição de meio mineral) para que haja a manutenção adequada do metabolismo celular.

Os resultados obtidos apontam que a AMM, APA e EIB apresentam potencial de utilização como substratos em processos biotecnológicos, pois apresentam fontes de carbono e componentes minerais que podem suprir adequadamente as necessidades de diferentes micro-organismos, porém é necessário variar as concentrações dos coprodutos, em função do biocomposto de interesse. Quantidades excessivas de carbono, por exemplo, podem causar um aumento drástico da pressão osmótica, causando morte celular e extinção da cultura. Falta de compostos nitrogenados impede a reprodução das células, pois o mesmo é necessário para a síntese de proteínas. Por fim, os minerais atuam como reguladores metabólicos e micronutrientes para as células, sendo que a ausência dos mesmos pode causar alterações severas no metabolismo das células (MUTIARA et al., 2014; GRUMEZESCU; HOLBAN, MARIA, 2018)

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na caracterização dos resíduos agroindustriais AMM, APA e EIB, é possível concluir que os coprodutos apresentam potencial de utilização como substratos em processos biotecnológicos, porém torna-se necessária a otimização da concentração dos mesmo em função do biocomposto a ser produzido. Os dados sugerem que o carbono presente na AMM tratada (18,47 $g \cdot L^{-1}$ para Lote 1 e 24,87 $g \cdot L^{-1}$ para o Lote 2) e no EIB (249,50 $g \cdot L^{-1}$ para Lote 1 e 171,75 $g \cdot L^{-1}$ para o Lote 2) bem como os compostos nitrogenados presentes em ambos os lotes de AMM tratada (6,29 $g \cdot L^{-1}$ e 4,23 $g \cdot L^{-1}$, respectivamente) quando adicionados à APA que é rica em minerais podem suprir adequadamente as necessidades de diferentes micro-organismos, porém é necessário que exista um equilíbrio entre a concentração dos componentes.

Isto torna claro que são necessários mais estudos, desta vez focando nos efeitos de diferentes concentrações dos coprodutos no crescimento celular do micro-organismo e na produtividade do biocomposto de interesse.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, Uri – Erechim e a todos os envolvidos no projeto.

## 6. REFERÊNCIAS

ABIAP, 2017. *O que diferencia o arroz branco do arroz parboilizado?* 26, Nov. 2017 <http://www.abiap.com.br/site-pt/content/informativos/detalhe.php?informativo_id=94>

ARAÚJO, R. DE et al., 2015. Aproveitamento Da Água De Maceração De Milho Para Produção De Compostos Bioativos Por Aspergillus Niger. *E-xacta*, v. 8, n. 1, p. 15–29.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, CACAU, AMENDOIM, BALAS E DERIVADOS - ABICAB, 2018. *Associados Balas & Derivados*. 26, Nov. 2017 <http://www.brasilsns.org.br/suppliers/by_product/candies>.

CHILDS, N.; RASZAP, S., 2017. Rice Outlook. *Economic Research Service*. 26, Nov. 2017

<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/RCS/RCS-11-14-2017.pdf>.

COLET, R. et al., 2017. Use of low-cost agro products as substrate in semi-continuous process to obtain carotenoids by Sporidiobolus salmonicolor. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 11, n. July, p. 268–274.

GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, MARIA, A., 2018. Biopolymers for Food Design. 1. ed. London: Academic Press.

HOFER, A. et al., 2018. In-depth characterization of the raw material corn steep liquor and its bioavailability in bioprocesses of Penicillium chrysogenum. *Process Biochemistry*, v. 70, p. 20–28.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008. *Métodos Físico-químicos Para Análise de Alimentos*. 4ª edição ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

MAQBOOL, F. et al0, 2017. Confectionary wastewater treatment through upflow microbial fuel cell. *Desalination and Water Treatment*, v. 99, n. May, p. 248–254.

MIAH, J. H. et al., 2018. Environmental management of confectionery products: Life cycle impacts and improvement strategies. *Journal of Cleaner Production*, v. 177, p. 732–751.

MUKHERJEE, C. et al., 2016. Parboiled rice effluent: A wastewater niche for microalgae and cyanobacteria with growth coupled to comprehensive remediation and phosphorus biofertilization.

MUTIARA, I. et al., 2014. Start a Research on Biopolymer Polyhydroxyalkanoate (PHA): A Review. *Polymers*, v. 6, p. 706–754.

NDUBUISI EZEJIOFOR, T. I.; ENEBAKU, U. E.; OGUEKE, C., 2014. Waste to Wealth-Value Recovery from Agro- food Processing Wastes Using Biotechnology: A Review. *British Biotechnology Journal*, v. 4, n. 4, p. 418–481.

PAPADAKI, A. et al., 2018. Bioprocess development for biolubricant production using microbial oil derived via fermentation from confectionery industry wastes. *Bioresource Technology*, v. 267, n. April, p. 311–318.

SIGMA-ALDRICH, 2017. *Corn steep liquor*. 26, Nov. 2017 <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/c4648?lang=pt&region=BR>.

URNAU, L., 2018. *Utilização de Resíduos Agroindustriais na Produção de Carotenoides por Phaffia rhodozyma Y-17268 em Biorreator Batelada Simples e Alimentada*. Universidade Regional Interada do Alto Uruguai e das Missões.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2017. *Corn Steep Liquor -Technical Evaluation Report*. European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (EINECS). 26, Nov. 2017 <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Corn Steep Liquor TR.pdf>.

VALDUGA, E. et al., 2007. Pré-Tratamentos de Melaço de Cana-de-Açúcar e Água de Maceração de Milho Para a Bioprodução de Carotenóides. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 1860–1866.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso juntamente a este artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS DO MODELOS CINÉTICO DE TRANSESTERIFICAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA UTILIZANDO ALGORITMOS ESTOCÁSTICOS

**Thiago André Weschenfelder**
**Bruno Fisher**
**Jean Carlo Rauschkolb**
**Natália Woloszyn**
**Guilherme Sabadin Piva**
URI – Campus de Erechim - Avenida Sete de Setembro, 1621 - CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
thiago.weschenfelder@gmail.com
buno.fischer.com@hotmail.com
jeancarlo-ab@hotmail.com
natalia_wolo@hotmail.com
piva_guilherme@hotmail.com

***Resumo:*** *O presente trabalho consiste na aplicação de modelos matemáticos com a finalidade de reproduzir a reação de transesterificação do óleo de soja, sendo o produto desta reação. A reação de transesterificação utilizando um solvente em condições supercríticas, é um dos métodos utilizados para a síntese de biodiesel que se apresenta como um potencial substitute ao óleo diesel comumente comercializado.Inicialmente os parâmetros cinéticos foram ajustados para os dados experimentais na pressão de 200 bar em temperaturas variando entre 275ºC e 350ºC e razão molar óleo: etanol de 1:20. A aplicação de modelos matemáticos é utilizada para a representação e interpretação de processos químicos, e é uma atividade muito útil no campo da engenharia de alimentos. Os modelos matemáticos são compostos por equações algébricas ou diferenciais que relacionam as variáveis do processo, de modo que seja possível obterem-se previsões fundamentadas na resposta do modelo. Para minimização dos parâmetros utilizaram-se os métodos de Simulated Annealing e do Enxame de Partículas. O ajuste do modelo cinético para a reação de transesterificação de óleo de soja foi satisfatório com ambos algoritmos de S.A e PSO.*

***Palavras-chave:*** *estimação de parâmetros, biodiesel, modelo cinético, algoritmos estocásticos*

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de modelos matemáticos para a representação e interpretação de processos químicos, tanto em escala laboratorial quanto industrial, é uma atividade muito útil e bem difundida no campo da engenharia química e de alimentos. Os modelos matemáticos são compostos por equações algébricas ou diferenciais que relacionam as variáveis do processo, de modo que seja possível obterem-se previsões fundamentadas na resposta do modelo. Estas previsões permitem a simulação, o projeto e a otimização do processo que o modelo representa.

A etapa de estimação de parâmetros assume uma importância fundamental, pois é através desta que o modelo é comparado a dados experimentais, permitindo a avaliação do modelo. Os parâmetros são variáveis que surgem durante o desenvolvimento dos modelos e que não podem ser medidas experimentalmente (por exemplo, o fator pré-exponencial e a energia de ativação de uma reação da equação de Arrhenius) e cujos valores devem ser estimados de tal forma que o modelo represente os dados experimentais com a maior precisão possível (Schwaab, 2005).

O procedimento de estimação de parâmetros consiste na minimização de uma função objetivo através do ajuste dos parâmetros do modelo, sendo a função objetivo uma medida da distância entre os dados experimentais e as predições do modelo. Este trabalho teve como objetivo aplicar métodos estocásticos para a minimização de funções em problemas envolvendo modelagem cinética e estimação de parâmetros de uma reação de transesterificação de óleo de soja, utilizando-se dos modelos de recozimento simulado e do enxame de partículas.

## 2. MODELAGEM MATEMÁTICA

### 2.1 Reação de transesterificação do óleo de soja

O biodiesel é um potencial substituto ao óleo diesel consistindo de uma mistura de ésteres de ácidos graxos podendo ser produzido pela reação de transesterificação de um triglicerídeo (óleo vegetal ou gordura animal) com um álcool (Silva, 2007).

A reação de transesterificação utilizando um solvente em condições supercríticas, é um dos métodos utilizados para a síntese de biodiesel. A reatividade no estado supercrítico é mais elevada do que no estado líquido ou gás, o que facilita a reação de transesterificação de óleos vegetais (Silva, 2007). Para modelagem da cinética da reação, foi considerada a reação global de transesterificação como sendo irreversível, conforme a Figura 1 abaixo.

$$\text{Triglicerídeo} + 3\,\text{Álcool} \xrightarrow{k} 3\,\text{Ésteres} + \text{Glicerol}$$

Figura 1 – Mecanismo de transesterificação do óleo de soja

A obtenção dos parâmetros cinéticos para a cinética de transesterificação não catalítica de óleo de soja em etanol foi realizada por meio do ajuste de um modelo de primeira ordem com dados experimentais obtidos em regime estacionário e em modo contínuo (Silva, 2007).

A taxa de reação pode ser determinada baseada no acréscimo de produtos ou decréscimo de um reagente em determinado intervalo de tempo. Neste trabalho, o acréscimo de um produto (ésteres etílicos) foi considerado, deste modo a taxa de reação pode ser descrita pela Equação 1, em termos de conversão da reação em ésteres etílicos:

$$\frac{dX}{dt} = k\left(1 - X\right) \qquad (1)$$

onde X é a conversão da reação em ésteres etílicos [%]; k é a constante de reação [$min^{-1}$].

Inicialmente os parâmetros cinéticos foram ajustados para os dados experimentais na pressão de 200 bar em temperaturas variando entre 275ºC e 350ºC e razão molar óleo: etanol de 1:20.

### 2.2 Formulação do problema de estimação de parâmetros

Para a estimação dos parâmetros cinéticos do modelo, foi realizado um procedimento de estimação de parâmetros, onde a função objetivo minimizada era a função dos mínimos quadrados e as restrições do problema foram as equações do modelo e intervalos de busca para os parâmetros. Assim, o problema de estimação de parâmetros pode ser formulado como:

*Minimizar*

$$F = \sum_{i=1}^{nobs}\left(y - y_{\exp_i}\right)^2 \qquad (2)$$

*Sujeita a*

$$\frac{dy}{dt} = f(y, x, t, \theta) \qquad (3)$$

$$\theta_{\inf} \le \theta \le \theta_{\sup} \qquad (4)$$

Onde é $\theta$ é o vetor dos parâmetros estimados.

Para a modelagem cinética da transesterificação de óleo de soja, foram utilizados os limites inferior e superior de 0 e 1, respectivamente, para o parâmetro k estimado. Para minimização dos parâmetros utilizaram-se os métodos de *Simulated Annealing* e do Enxame de Partículas. Utilizou-se da rotina Limex, para a resolução do sistema de equações diferenciais onda a função objetiva utilizada nos ajustes foi a dos mínimos quadrados.

As técnicas numéricas utilizadas permitem o cálculo da variância do parâmetro. Como indicativo da qualidade do ajuste do modelo, são calculados o erro absoluto e o *root mean square derivation* (rmsd), definidas pelas equações:

$$\text{Erro Abs} = \frac{\sum_{i}^{nobs}\sum_{j}^{nsai}\left(x_{cal_{i,j}} - x_{exp_{ij}}\right)}{n_{obs}.n_{sai}} \qquad (5)$$

$$\text{rmsd} = \left[\frac{\sum_{i}^{nobs}\sum_{j}^{nsai}\left(x_{cal_{i,j}} - x_{exp_{ij}}\right)^2}{n_{obs}.n_{sai}}\right]^{1/2} \qquad (6)$$

onde $X_{cal_{i,j}}$ e $X_{exp_{i,j}}$ são as variáveis calculadas e experimentais, respectivamente e $n_{obs}$ e $n_{sai}$ são os graus de liberdade.

Para a realização da estimação de parâmetros, um código computacional foi desenvolvido em linguagem de programação Fortran 90.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

Os ajustes da constante cinética foram obtidos pela otimização de cada temperatura estudada. Nas Figuras 2 e 3, encontram-se o ajuste dos parâmetros de cada temperatura estudada, frente aos dados experimentais.

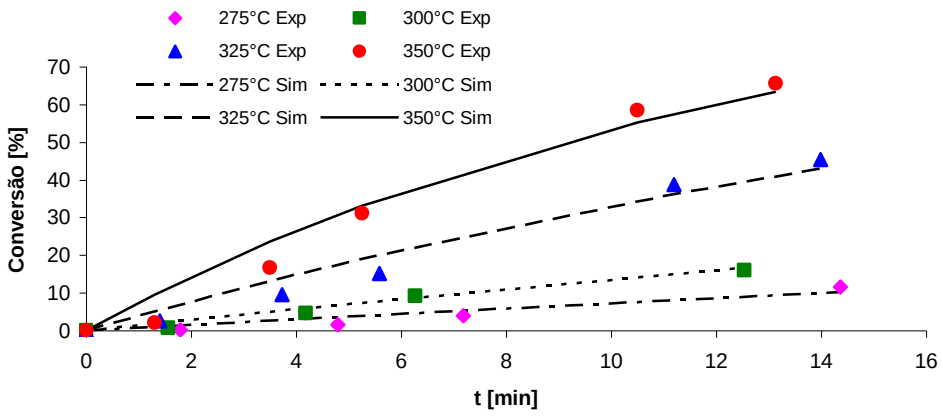



**Figura 2** – Dados experimentais e simulados utilizando o método PSO.

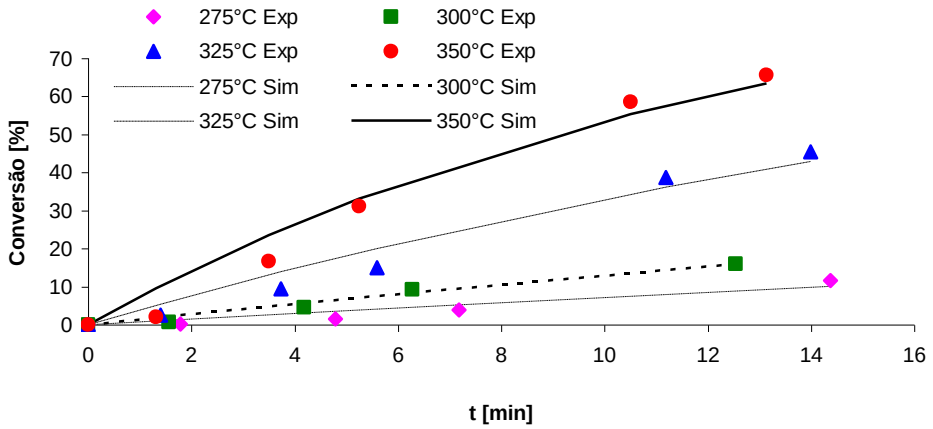



**Figura 2** – Dados experimentais e simulados utilizando o método S.A.

De acordo com as Figuras 2 e 3, observa-se que o ajuste do parâmetro foi satisfatório para os dois métodos de otimização estudado, para cada temperatura analisada. Na Tabela 02 encontra-se a análise de variância do parâmetro estudado para cada temperatura e o modelo de otimização respectivo.

**Tabela 02** – Valor do parâmetro estimado para o caso de estudo 1 para cada temperatura, pelo método de Simulated Annealing e Particle Swarm Optimization.

| Temperatura (K) | SA | | | PSO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 275 | $7.4061.10^{-3}$ | +/- | 0.23634 | $7.4971.10^{-3}$ | +/- | 0.23636 |
| 300 | $0.8339.10^{-2}$ | +/- | 1.46425 | $1.4549.10^{-2}$ | +/- | 1.46542 |
| 325 | $4.0139.10^{-2}$ | +/- | 14.4321 | $4.0140.10^{-2}$ | +/- | 14.43215 |
| 350 | $7.6674.10^{-2}$ | +/- | 22.0819 | $7.6674.10^{-2}$ | +/- | 22.0819 |

Como é indicado na Tabela 02, o parâmetro otimizado em cada temperatura, tem um desvio padrão aumentado de acordo com o aumento da temperatura, isto se deve ao fato e que, quanto maior a temperatura estudada, menor a confiabilidade que o parâmetro representa, ao nível de uma confiança de 95%, motivo este que leva a acreditar numa alta dependência do parâmetro com a variável de entrada.

Na Tabela 03 é mostrado a sensibilidade paramétrica de cada temperatura estudada, para os dois métodos de otimização estudados.

**Tabela 03 –** Sensibilidade paramétrica do parâmetro estudado para cada temperatura pelos métodos de Simulated Annealing e Particle Swarm Optimization.

| *Temperatura (ºC)* | *S.A.* | *PSO* |
|---|---|---|
| 275 | 6,4640 | 6,4556 |
| 300 | 5,2652 | 5,2241 |
| 325 | 3,5734 | 3,5734 |
| 350 | 2,3468 | 2,3468 |

A Tabela 03 mostra que, para ambos os métodos estudados, o parâmetro estudado apresentou sensibilidade normal, já que comparando a sua grandeza dentro da faixa de variação deste ($10^{-2}$), demonstrando que ambos os métodos apresentaram baixa influência na constante cinética. O ajuste do modelo cinético para a reação de transesterificação de óleo de soja foi satisfatório com ambos algoritmos de S.A e PSO. Os resultados deste trabalho indicaram uma dificuldade no ajuste dos parâmetros cinéticos quando foram considerados a energia de ativação e o fator pré exponencial no mesmo processo de ajuste.

## 4. REFERENCES

Alcázar, L.A.; Ancheyta, J. Sensitivity analysis based methodology to estimate the best set of parameters for heterogeneus kinetic models. Chemical Engineering Journal, vol. 18,85-93, 2007.

Banga, J.R.; Balsa Canto, E.; Moles, C.G.; Alonso, A.A. Inproving food processing using modern optimization methods. Trends in Food Science & Technology, vol.14, 131-144, 2003.

Chen, C.; Yang, B.; Yaum, J.; Wang, Z.; Wang, L. Establishment and solution of eight-lump kinetic model for FCC gasoline secondary reaction using particle swarm optimization. Fuel, vol.86, 2325-2332, 2007.

Eberhart, R.C.; Kennedy, J. New optimizer using particle swarm theory. International Symposium on Micro Machine and Human Science, 6. Proceedings. Nagoya, 1995.

Edgar, T.F.; Himmelblau, D.M. Optimization of Chemical Process, McGraw-Hill, New York, 1998.

Eftaxias, A.; Font, A.; Fortuny A.; Fabregat, A.; Stuber, F. Nonlinear kinetic parameter estimation using simulated annealing. Computers and Chemical Engineering, vol. 26, 1725-1733, 2002.

Eftaxias, A.; Font, A.; Fortuny, A.; Fabregat, A.; Stuber, F. Cataytic wet air oxidation of phenol over active carbon catalyst. Global kinetic modeling using simulated annealing. Applied Catalysis B: Environmental, vol. 67, 12-23, 2006.

Fogler, H.S. Elements of chemical reaction engineering. 3º edição., Prentice Hall, New Jersey, 1999.

Girisuta, B.; Janssen, L.P.B.M.; Heeres, H.J. Kinetic Study on the Acid-Catalysed Hidrolysis of Cellulose to Levulinic Acid. Ind. Eng. Chem. Res., vol. 46, 1696-1708, 2007.

Glover, F.; Kelly, J.P.; Laguna, M. New advances for wedding optimization and simulation. Proc. 1999 Winter Simulation Conference. University of Colorado, New York, 1999.

Kirkpatrick, S.; Gelatt, Jr.C.D.; Vecchi, M.P. Optimization by Simulated Annealing. Science, v. 220, n. 4598, p. 671-680, 1983.

Press, W. H.; Flannery, B. P.; Teukolsky, S. A.; Veterlling, W. T. Numerical Recipes in FORTRAN – The Art of Scientific Computing. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 1992.

Rodriguez, M. F; Balsa, C.E.; Egea, J.A.; Banga, J.R. Identifiability and robust parameter estimation in food process modeling: Application to a drying model. Journal of Food Engineering, vol. 83, 374-383, 2007.

Rubini, B.R.; Yamamoto, C.I.; Meleiro, L.A.C. Comparação entre Métodos de Otimização Determinísticos e Estocásticos para a Resolução de Problemas de Engenharia Química. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2006.

Schwaab, M. Avaliação de Algoritmos Heurísticos de Otimização em Problemas de Estimação de Parâmetros. Dissertação de M.Sc., COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

Schwaab, M.; Pinto, J.C. Análise de Dados Experimentais – Fundamentos de Estatística e Estimação de Parâmetros. Escola Piloto de Engenharia Química, COPPE/UFRJ. Vol. 1, Ed. E-papers. Rio de Janeiro, RJ, 2007.

Silva. C. Produção de Ésteres Etílicos por Transesterificação Não-Catalítica de Óleo de Soja. Dissertação de M.Sc., Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim, RS, Brasil, 2007

## 5. RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# QUALIDADE DA CACHAÇA ARTESANAL PRODUZIDA NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI DO RIO GRANDE DO SUL

**Hortência Adelina Scolari**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
scolarihortencia@gmail.com

**Natália Ambrósio**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
nati_ambrosio07@outlook.com

**Bethina Pascuetti Tres**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
bhetinapascuetti@gmail.com

**Luciana Dornelles Venquiaruto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
venquiaruto@uricer.edu.br

**Rogério Marcos Dallago**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
dallago@uri.com.br

**João Carlos Krause**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Santo Ângelo, Av. Universidade das Missões, 464, 98802-470, Rio Grande do Sul, Brasil.
krause@san.uri.br

**Camila Aguilar Busatta**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av Assis Brasil, 709- 98400-000 Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.
aguilar@uri.edu.br

**Lucas Schnorrenberger de Oliveira**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Santo Ângelo, Av. Universidade das Missões, 464, 98802-470, Rio Grande do Sul, Brasil.
quimicaluca@gmail.com

***Resumo.*** *A cachaça é uma bebida tipicamente brasileira, obtida através da destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, pode ser produzida de forma artesanal geralmente em alambiques de cobre ou em larga escala de forma industrial.* ***Neste trabalho, analisaram- se treze amostras de cachaças artesanais coletados na região do Alto Uruguai gaúcho. As amostras foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química Analítica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-Campus Erechim. Para a quantificação do teor alcoólico e teor de cobre presente nas treze amostras, fez-se uso de método dessimétrico para o teor alcoólico e o método espectrofotométrico para quantificação do teor de cobre. Os resultados obtidos demonstraram que 50% das amostras analisados estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente no Brasil- Instruções Normativas do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento- MAPA nº 13 de 29/06/2005, o qual determina que o teor alcoólico da cachaça seja entre 38º à 48 ºGL, e o teor de cobre não seja superior há 5 mg/L.***

***Palavras-chave:*** *Cachaça artesanal, teor alcoólico; teor de cobre.*

## 1. INTRODUÇÃO

A cachaça é um dos produtos que caracteriza a cultura brasileira, esta começou a ser fabricada no Brasil no século XVI, juntamente com a produção açucareira (LEÃO, 2004). Apesar de não haver um registro exato sobre o verdadeiro local onde a primeira destilação da cachaça tenha ocorrido, pode-se afirmar que ela se deu no território brasileiro, em algum engenho localizado no litoral, entre os anos de 1516 e 1532, sendo, portanto, o primeiro destilado da América Latina (IBRAC, 2011).

O primeiro contato e produção da cachaça ocorreu com os escravos, uma vez que estes plantavam e moíam a cana para fazer o açúcar. Sendo também os primeiros a experimentar as sobras dos caldos de cana que fermentavam ao acaso no moinho (SANTOS, 2007). Leão (2004) salienta que após aprimoramento da qualidade passou a ser consumida também pelos senhores de engenho e também pela sociedade em geral, e seu consumo perdura até os dias atuais.

Desde então a bebida nacional, circula entre os melhores destilados do mundo, e pode desfrutar de uma denominação que a protege contra generalizações que confundem o consumidor (ABRABE, 2016). Esta especificidade é possível devido a Instruções Normativas do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Segundo instrução normativa MAPA nº 13 de 29/06/2005 a cachaça é:

> "A denominação típica e exclusiva da Aguardente de Cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 % vol (trinta e oito por cento em volume) a 48% vol (quarenta e oito por cento em volume) a 20ºC (vinte graus Celsius), obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/L (seis gramas por litro), expressos em sacarose (BRASIL, 2005)."

Para Diesel et al. (2005) a cachaça artesanal é aquela produzida em menor escala, destilada em alambique de cobre, localizados nas pequenas propriedades rurais, sendo considerada de melhor qualidade, por não ter esta padronização, ou seja, apresentar um sabor específico. Sendo assim segundo a EMBRAPA, a aguardente de cana é a terceira bebida destilada mais consumida no mundo e a primeira no Brasil.

A qualidade da matéria prima, o processo de fabricação composto por aproximadamente nove etapas são importantes para a qualidade final do produto, sendo uma das análises exigidas pela legislação para comercialização e exportação do produto o teor de cobre presente o qual segundo Instrução Normativa nº 13 de 29/06/2005 não pode ultrapassar 5mg/L. Segundo Pinto (2005) e colaboradores a presença do cobre é importante durante o processo de produção da cachaça, desde que seja apenas catalisador de reações para que compostos e odores indesejáveis sejam removidos. A maioria dos produtores artesanais de cachaça utilizam alambiques fabricados de cobre para obterem o destilado alcoólico de cana-de-açúcar (LIMA et al., 2009). Entretanto, é de conhecimento comum que muitos leigos se encontram à frente das unidades produtoras executando o processo, muitas vezes, de maneira empírica e rudimentar, baseados no senso comum ou em informações que passam de pai para filho. Esta forma de produção empírica e artesanal pode fazer com que o produto que chega ao consumidor contenha níveis de cobre acima do estabelecido pela legislação nacional e exigida também por outros países (GARBIN et al., 2005).

Além do sabor característico proporcionado pelo cobre que é desejado pelo consumidor, quando em períodos de entressafra ou em períodos em que o alambique de cobre não esta em uso ocorre a formação do azinhavre, este é a formação nas paredes do alambique de carbonato básico de cobre $CuCO_3$ $Cu(OH)_2$, um sal básico de coloração azul-esverdeada, conhecido como "azinhavre" ou simplesmente "zinabre" (VENQUIARUTO, 2012).

A produção de cachaça artesanal, na região pesquisada (Região Alto Uruguai do Estado), ocorre, normalmente, em pequenas propriedades rurais. A cachaça é produzida para o próprio consumo familiar e o excedente de produção é comercializado em feiras de produtos coloniais ou na própria propriedade rural, auxiliando na renda familiar. Tendo em vista esta produção artesanal, que ocorre em alambiques de cobre, e que muitas vezes se dá de forma empírica objetivou-se neste trabalho analisar o teor alcoólico e de cobre presente em cachaças artesanais produzidas na região do

Alto Uruguai gaúcho e posteriormente confrontar os resultados com a legislação, além de retornar os resultados obtidos aos produtores, quando possível.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa teve um caráter experimental. Primeiramente foram coletadas, as amostras de cachaças artesanais, diretamente nas propriedades de produtores rurais, ou em feiras de agricultura familiar localizadas na região do Alto Uruguai gaúcho, durantes os meses de agosto de 2017 a junho de 2018. Posteriormente as amostras coletadas foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química Analítica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI-Campus Erechim.

As análises das amostras de cachaça foram realizadas seguindo metodologia prevista na legislação brasileira Instrução Normativa nº 24, de 08/09/2005, do MAPA, sendo o método dessimétrico para o teor alcoólico e o método espectrofotométrico para quantificação do teor de cobre. As amostras foram doadas por agricultores ou adquiridas em feiras de produtos coloniais nas cidades pertencentes às microrregiões referentes a está etapa da pesquisa, salienta-se que todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para a realização das análises de grau alcoólico, feita pelo método dessimétrico usando um alcoômetro de Gay Lussac à 20ºC, a amostra era destilada recolhida alíquota de 180 mL transferida para uma proveta de 250 mL completado o volume com água destilada, ambientalizada a temperatura a 20ºC, submergido o alcoômetro e aguardado sua estabilização, anotado o valor, se necessário confrontado com a tabela aparente de apoio do alcoômetro.

Já para a análises dos teores de cobre foi utilizado espectrometro da marca Varian modelo SpectrAA 55, com comprimento de onda de 327,4nm, fenda 0,2, gás acetileno mais ar comprimido e lâmpada inteiramente de cobre. Os padrões foram preparados a partir de solução estoque 100 $mg.L^{-1}$ de cobre, em solução etanólica 40% nas concentrações de 0,5 $mg.L^{-1}$; 1,0 $mg.L^{-1}$; 3,0 $mg.L^{-1}$, 5,0 $mg.L^{-1}$ 10,0$mg.L^{-1}$.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos referentes ao teor alcoólico mensurados à 20ºC, das amostras coletadas diretamente nas propriedades rurais e feiras de produtos coloniais localizadas em algumas cidades da região do Alto Uruguai-RS, encontram-se apresentas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Graduação alcoólica das amostras de cachaça analisadas.

| Cidade | Teor Alcoólico ºGL (à 20ºC) |
|---|---|
| Aratiba | 44,5 ± 0,6 |
| Barra do Rio Azul | 37,4 ± 0,3 |
| Getúlio Vargas | 37,0 ± 0,9 |
| Erechim | 40,6 ± 0,3 |
| Floriano Peixoto | 41,8 ± 1,0 |
| Marcelino Ramos | 45,2 ± 0,7 |
| Aratiba | 35,4 ± 0,8 |
| Itatiba do Sul | 36,4 ± 0,2 |
| Viadutos | 37,6 ± 0,2 |
| Aratiba | 38,4 ± 0,8 |
| Jacutinga | 39,6 ± 0,3 |
| Sertão | 37,0 ± 0,2 |
| Charrua | 38,0 ± 0,6 |

O baixo grau alcoólico apresentado em 46,15% das amostras de aguardentes sendo elas as amostras de Barra do Rio Azul, Getúlio Vargas, Aratiba, Itatiba do Sul, Viadutos e Sertão pode ser ocasionado pela estocagem da cana-de-açúcar por tempo superior à 24 horas, (provavelmente sofrendo deteriorações fisiológicas e bacteriológicas), assim como perdas da formação de álcool no decorrer da fermentação, bem como na etapa de destilação, gerando redução do rendimento em álcool nessa etapa do processo. Outro ponto passível de acontecer é a mistura das frações, ou corte incorreto das mesmas. Também é possível ocorrer redução do teor alcoólico através da adição de água à bebida já pronta (CARDOSO et al., 1999).

Sendo assim a inconformidade dos teores alcoólicos está ligada ao modo de fabricação, segundo Mutton e Mutton (2005) os alambiques simples usados em destilarias de pequena e média capacidade o destilado obtido tem um teor alcoólico geralmente de 45 a 55 ºGL, quando as etapas de produção estiverem corretas e a matéria-prima for de boa qualidade . A etapa do processo que está relacionada diretamente ao teor alcoólico é a separação das frações cabeça, coração e cauda, estas são retiradas em temperaturas e quantidades distintas durante o processo de destilação. A quantidade de cada fração é determinada pela qualidade da fermentação, da destilação, além da quantidade de vinho que

se iniciou o processo, as frações são proporcionais a este volume, sendo retirado 10% de destilado de cabeça com graduação alcoólica de 65-70% (v/v), 80% de volume de destilado cabeça com graduação alcoólica de 45-50% (v/v) e por último é retirada a fração da cauda ou "água fraca" em um volume de 10% inicial com graduação alcoólica inferior à 38% v/v.

As amostras coletadas também foram analisadas quanto ao teor de cobre presente nas mesmas, os resultados estão expostos na Tabela 2, as amostras negritadas são as que apresentam teores acima dos permitidos pela legislação.

**Tabela 2**: Teor de cobre por amostra analisada.

| Cidades | Teor de cobre em $mg.L^{-}$ |
|---|---|
| Aratiba | 0,66 ± 0,04 |
| Barra do Rio Azul | 9,01 ± 0,32 |
| Getúlio Vargas | 7,12 ± 0,24 |
| Erechim | 2,75 ± 0,04 |
| Floriano Peixoto | 6,74 ± 0,17 |
| Marcelino Ramos | 0,13 ± 0,07 |
| Aratiba | 8,01 ± 0,27 |
| Itatiba do Sul | 0,05± 0,06 |
| Viadutos | 0,71± 0,12 |
| Aratiba | 0,15 ± 0,03 |
| Jacutinga | 5,67 ± 0,01 |
| Sertão | 6,54 ± 0,06 |
| Charrua | 6,87 ± 0,08 |

As amostras que apresentaram valores acima de 5mg/L, limite máximo aceitável pela legislação brasileira foram as de Barra do Rio Azul, Getúlio Vargas, Floriano Peixoto, Aratiba, Jacutinga, Sertão e Charrua representando 53,9 % das amostras analisadas.

Cabe ressaltar que o cobre em concentrações elevadas a longo prazo está relacionado com algumas doenças como epilepsia, melanoma, perda do paladar, artrite reumática, a toxicidade se dá devido a afinidade do cobre com grupos de S-H, presente em varias enzimas (MARINHO et al., 2009), segundo o Inmetro o cobre causa também a cirrose hepática, que em função de um dos seus sintomas é popularmente conhecida como "pé inchado".

A contaminação da cachaça por cobre se dá na etapa de destilação do vinho, uma vez que o metal constituinte do equipamento é exposto ao ar úmido que lentamente se oxida, formando o azinhavre, o qual é dissolvido pelos vapores alcoólicos ácidos, gerados durante o processo de destilação, assim se incorporando na bebida (VOLPE, 2012). No entanto esses valores podem ser reduzidos através da higienização do alambique, segundo Pinheiro et al. (2003) a limpeza dos equipamentos utilizados no processo de fabricação influência na qualidade da bebida. Esta limpeza pode ser feita através da lavagem do alambique com água e caldo de limão, o qual é acido e provoca a dissolução do azinhavre na água, deixando o alambique em condições de uso. Outra recomendação é manter as serpentinas limpas e cheias de água durante o tempo em que não se está ocorrendo destilação, para evitar o processo de oxidação do cobre e a posterior contaminação da cachaça (COUTINHO, 2012). A reação química que ocorre é representada através da Equação 1, onde os íons de cobre presente na parede da serpentina reagem com os $H^+$ livres, que serão liberados com a água no final da reação.

$$CuCO_3Cu(OH)_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} \rightarrow 2Cu_2{}^+{}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \qquad (1)$$

## 4. CONCLUSÕES

Os resultados, bem como as pesquisas e o desenvolvimento da parte experimental das análises foram de grande valia para o conhecimento da qualidade das cachaças produzidas na Região Alto Uruguai, uma vez que a produção e consumo de cachaça artesanal é altamente difundida nesta região, além de ter um valor cultural, uma vez que a produção em nível familiar é perpetuada ao longo de gerações. Quanto aos valores obtidos demostram que metade das amostras apresentou alguma inconformidade com a Instrução Normativa - MAPA nº 13 de 29/06/2005, em alguns casos a inconformidade foi apenas com o teor alcoólico como é o caso das amostras das cidades de Barra do Rio Azul, Getúlio Vargas, Aratiba, Itatiba do Sul, Viadutos e Sertão, evidenciando problemas relacionados diretamente ao processo manipulação da matéria-prima e etapas do processo de destilação. Já o teor de cobre que está diretamente relacionado à limpeza do alambique encontra-se em desacordo nas amostras analisadas das cidades de Barra do Rio Azul, Getúlio Vargas, Floriano Peixoto, Aratiba, Jacutinga, Sertão e Charrua, neste caso o aconselhável é manter o alambique cheio de água em períodos de entressafra além de fazer uma lavagem com suco de limão ou vinagre antes do uso do mesmo, pois as características ácidas destes compostos interagem com o cobre incrustado na paredes do alambique removendo a incrustação. O retorno ao produtor é de grande valia, principalmente nos casos em que as

cachaças apresentaram teor de cobre ou alcoólico em desacordo com a legislação, pois permite ao mesmo reavaliar seu processo de produção e armazenamento no intuito de melhorar a qualidade de seu produto.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a URI- Campus Erechim e ao grupo de pesquisa do Laqam.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRABE. Associação Brasileira de Bebidas. **Um brinde à vida** - A história das bebidas, 2016. Disponível online em: http://www.abrabe.org.br/site/wp-content/uploads/2016/08/DBA-Abrabe-vFINAL.pdf. Acesso em 15/12/2017.

BRASIL. Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 29 jun. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 24, de 08 de setembro de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, 20 set. 2005.

CARDOSO, M. G. ; CAMPOS, G. A. ; SILVA, R. A. ; SANTOS, C. D. ; PINTO, A. P. S. ; SILVA, C. F. . Cachaça: **Qualidade e Produção.** Lavras - MG: PROEX - UFLA, 1999 (Boletim Técnico).

COUTINHO E. P., RAMOS Z. N. S., ALVES A. S., OLIVEIRA R. E. Boas práticas de fabricação de cachaça de alambique: visão técnica versus empresarial. **UNOPAR Cientifica Ciências Biológicas e da Saúde,** 2012. Disponível online em: file:///E:/User/Downloads/930-3609-1-PB.pdf. Acesso em 02/04/2018.

DIESEL, V.; LERNER, F.; SILVEIRA, P. R. C. da; NEUMANN, P. S.; ZARZA, G. J. G.; FREITAS, L. A. dos S. de. Caracterização da agroindústria familiar de aguardente de cana-de-açucar na região da Quarta Colônia - RS. In: I Congresso Internacional de Desenvolvimento Rural e Agroindústria Familiar, 2005, São Luiz Gonzaga, RS. **Anais** do I Congresso Internacional de Desenvolvimento Rural e Agroindústria Familiar, 2005. v. único. p. 315-323.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível online em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fiog1ob 502wyiv80z4s47 3agi63ul.html. Acesso em 07/12/2017.

GARBIN, R.; BOGUSZ JR, S.; MONTANO, M.A. Níveis de cobre em amostras de cachaça produzidas na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p. 1436-1440, 2005.

IBRAC. Instituto Brasileiro da Cachaça. 2011. Disponível online em : http://www.ibrac.net/index.php/ig-cachaca/historia-da-cachaca. Acesso em 15/11/2017.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/cachaca.asp. Acesso em 18/01/2018.

LEÃO, D. A. F. S., **Coopetição**: tipologia e impactos no Desempenho das Empresas da Indústria de Cachaça de Alambique do Estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2004. Disponível online em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/1128/1/arquivo1584_1.pdf. Acesso em: 08/12/2017.

LIMA A. de J. B., CARDOSO M. das G., GUIMARÃES L. G. DE L; LIMA J. M. DE, NELSON, D. L., Efeito de substâncias empregadas para remoção de cobre sobre o teor de compostos secundários da cachaça. **Química Nova**, v. 32, n.4 2009.

MARINHO A. V., RODRIGUES J. P. de M., SIQUEIRA M. I. D. de, Avaliação da acidez volátil, teor alcoólico e de cobre em cachaças artesanais. **Revista estudos**, n.1/2, v.36,Goiânia, 2009.

MUTTON, M. J. R; MUTTON, M. A.; Aguardente. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas**: matéria-prima, processamento, BPF/ APPCC, Legislação e Mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. cap. 20 v. 1 p.485-524.

PINHEIRO P. C., MURILO C. LEAL M.C., ARAÚJO D. A. de, Origem, produção e composição química da cachaça. **Química Nova na Escola**. n. 18, 2003.

PINTO F. G., ROCHA S. S., CANUTO M. H., SIEBALD H.G., SILVA J. B. B. da, Determinação de cobre e zinco em cachaça por espectrometria de absorção atômica com chama usando calibração por ajuste de matriz. **Revista Analytica**, n.17, v.3, 2005.

SANTOS S. **Pequeno livro de destilados; Guia para toda hora**. Vereus, 2007.

VENQUIARUTO L. D. DALLAGO R. M., DEL PINO J. C., **Saberes Populares Fazendo-se Saberes Escolares:** Um Estudo Envolvendo o Pão, o Vinho e a Cachaça. Appris, 2012**.**

VOLPE T. C. **Avaliação das características físico-químicas da cachaça industrial e artesanal comercializadas no centro norte paranaense**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, 2012. Disponível online em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/ 1/1336/1/CM_COEAL_2012_2_09.pdf. Acesso em 19/03/2018.

## 7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DO TEOR ALCOÓLICO E ACIDEZ DO VINHO ARTESANAL PRODUZIDO NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI DO RIO GRANDE DO SUL

**Natália Ambrósio**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
nati_ambrosio07@outlook.com

**Hortência Adelina Scolari**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
scolarihortencia@gmail.com

**Paulo Amauri Lando Júnior**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
actuallyinsane2@gmail.com

**Luciana Dornelles Venquiaruto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
venquiaruto@uricer.edu.br

**Rogério Marcos Dallago**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
dallago@uri.com.br

**Bethina Pascuetti Tres**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
bhetinapascuetti@gmail.com

**Camila Aguilar Busatta**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av Assis Brasil, 709- 98400-000 Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.
aguilar@uri.edu.br

**Resumo.** *O vinho é uma bebida obtida da fermentação alcoólica da uva madura e fresca ou suco de uva fresco. Sua definição bioquímica é caracterizada como uma bebida proveniente da fermentação alcoólica dos açúcares de suco de uva pelas leveduras e, em alguns casos, pelas bactérias láticas. A presente pesquisa objetiva conhecer a qualidade de vinhos artesanais comercializados em feiras de produtores ou adquiridos diretamente nas propriedades rurais. Pretende-se analisar quantitativamente, por meio de análises físico-químicas, o teor alcoólico e a acidez total de vinhos tintos e brancos produzidos nos municípios de Erechim e região. Esta área de estudo possui uma significativa quantidade de produtores rurais que produzem o vinho como uma alternativa para agregar valores as atividades que desenvolvem. Os vinhos artesanais são amplamente consumidos na regão de estudo, princicipalmente por questões culturais e pela sua qulidade sensorial diferenciada. Determinar os parâmentros de acidez total e teor alcoólico fornecerá dados importantes sobre o estado de concervação do produto, uma vez que na produção artesanal do vinho um dos princippais problemas está relacionado com a acidificação precoce do mesmo mediante tranfosrmação do álcol em ácido acético, já que, na produção artesanal não há um efetivo controle na hora da fabricação, bem como, na concervação do produto. Durante a pesquisa foram analisadas 43 amostras e, destas, 11,62% apresentam-se em conformidade com a legislação referente ao teor alcoólico. Segundo a avaliação que determinou a acidez total, 25,58% estavam com teores de aicdez acima do permitido, mas nenhuma amostra estava abaixo do exigido.*

***Palavras-chave:*** *Vinho artesanal, qualidade, análises físico-químicas.*

## 1. INTRODUÇÃO

O vinho tem uma longa história, é considerado uma das primeiras criações da humanidade e ocupou lugar privilegiado em inúmeras civilizações. Para Côrte Real (1999, p. 15) “o vinho deve ter surgido por acaso em muitos pontos da Terra, já que a fermentação se realiza espontaneamente, em uvas acidentalmente esmagadas, promovida pelas leveduras que habitam suas cascas”.

Segundo Cataluña (1988), a videira foi introduzida no Brasil por Martin Afonso de Souza, em 1532, na capitania de São Vicente, litoral de São Paulo, que em sua expedição trouxe agricultores experientes em viticultura da Ilha de Madeira e Açores. No estado do Rio Grande do Sul, o cultivo da videira, provavelmente, originou-se com as missões Jesuítas, oriundas da Espanha, por volta de 1626 (POMMER, 2003). No entanto, o grande marco da vinicultura sul-rio-grandense se deve à imigração italiana a partir de 1875. Esses imigrantes trouxeram consigo mudas de videiras europeias que, uma vez plantadas, se adaptaram muito bem, no entanto foram dizimadas por doenças fúngicas. Esses mesmos imigrantes exploraram, então, outras variedades já adaptadas ao Brasil, como a videira americana *Vitis labrusca*, variedade Isabel, introduzida no Brasil no ano de 1840. Atualmente é a variedade predominante nos parreirais gaúchos (SOUZA, 2005, p. 17).

O vinho é uma bebida obtida a partir da fermentação alcoólica da uva madura e fresca ou suco de uva fresco. Sua definição bioquímica é caracterizada como bebida proveniente da fermentação alcoólica dos açúcares de suco de uva pelas leveduras e, em alguns casos, pelas bactérias láticas (AQUARONE, 2001).

Estudos mostram que a ingestão moderada de vinho, isto é, uma a duas taças de vinho tinto por dia, traz benefícios à saúde (VACCARI et al., 2009), tais como a inibição da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade, inibição da agregação plaquetária, indução à liberação de óxido nítrico e promoção de vasodilatação (CASTEL et al., 2002). Este efeito protetor é dado pela presença de polifenóis.

Segundo a legislação brasileira o vinho é a bebida produzida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura (Decreto Nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014). As principais substâncias que constituem o vinho são: água, açúcares, alcoóis, ácidos, sais de ácidos minerais e orgânicos e compostos fenólicos (SOUZA et al., 2006; ALI et al., 2010). A acidez do vinho é dada principalmente pela presença dos ácidos tartárico, málico cítrico, acético, succínico e lático. Como o ácido tartárico é o principal ácido no mosto e no vinho, a acidez total é normalmente expressa em g/L em ácido tartárico.

A região em estudo possui uma significativa quantidade de produtores rurais que produzem vinhos para agregar valores às atividades desenvolvidas nas suas propriedades. Os vinhos artesanais são amplamente consumidos na Região Alto Uruguai principalmente por questões culturais e devido a sua qualidade sensorial diferenciada.

Na maioria das vezes os vinhos são fabricados por pequenas agroindústrias com o objetivo de obter uma renda extra no orçamento familiar. A matéria-prima vem da própria propriedade rural (dos parreirais) e é processada para agregar valor ao produto e obter conservação por um tempo mais longo.

No entanto, alimentos e bebidas produzidos artesanalmente podem estar expostos a diversos perigos de contaminação devido à manipulação incorreta, uma vez que não existe uma política de vigilância consistente. Muitas vezes as pequenas agroindústrias, deixam a desejar em relação à infraestrutura das instalações, o que pode vir a comprometer a qualidade do alimento produzido, já que tais condições dificultam a implantação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) adequadas a cada atividade desenvolvida. No que se refere à produção artesanal do vinho um dos principais problemas está relacionado com a acidificação precoce do mesmo mediante a transformação do álcool em ácido acético.

## 2. METODOLOGIA

No período de setembro de 2017 à junho de 2018 foram coletadas amostras de vinho artesanal provenientes da região Alto Uruguai, nos municípios de Aratiba, Barra do Rio Azul, Campinas do Sul, Cruzaltense, Erebango, Erechim, Estação, Faxinalzinho, Getúlio Vargas, Ipiranga do Sul, Mariano Moro, Paulo Bento, Ponte Preta, Severiano de Almeida, Três Arroios e Viadutos.

As amostras coletadas foram devidamente identificadas e armazenadas até o momento das análises. As análises físico-químicas seguiram as técnicas do Ministério da Agricultura quanto à análise de bebidas destiladas, sendo realizadas em triplicata. Foi avaliado o teor alcoólico (método densimétrico) e a acidez total. Para determinar a acidez total das amostras foi utilizada como instrumento analítico a titulação volumétrica (HARRIS, 2005; BACCAN, 2013), como titulante, uma solução 0,1M de hidróxido de sódio (NaOH) padronizada. A técnica executada baseou-se na retirada de uma alíquota de 10mL da amostra de vinho, está então foi diluída com 100mL de água destilada e adicionadas 3 a 4 gotas do indicador fenolftaleína e por fim titulada com a solução de NaOH até pH 8,2. O cálculo foi realizado a partir da Equação 1 :

$$AT_{mEq.L^{-1}}) = \frac{1000 * n * M_{NaOH}}{v} \quad (1)$$

Onde:

$n$ = volume da solução de NaOH gasto na titulação (mL)
$M_{NaOH}$ = Molaridade da solução de NaOH
$v$ = Volume da amostra (mL)

Na determinação do teor alcoólico, feita pelo método dessimétrico usou-se um alcoômetro de Gay Lussac à 20ºC, a amostra era destilada recolhida alíquota de 180 mL transferida para uma proveta de 250 mL completado o volume com água destilada, ambientalizada a temperatura a 20ºC, submergido o alcoômetro e aguardado sua estabilização, anotado o valor, se necessário confrontado com a tabela aparente de apoio do alcoômetro.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises referentes à acidez total das quarenta e três amostras de vinhos analisados, coletadas em 16 municípios da região do Alto Uruguai, encontram-se apresentados na Tabela 1. Salienta-se que as análises foram realizadas em triplicata.

**Tabela 1:** Acidez total das amostras de vinho analisadas.

| Amostra | Acidez Total (mEq/L) | Amostra | Acidez Total (mEq/L) |
|---|---|---|---|
| Aratiba 1* | 111,70±0,1 | Estação 1* | 158,60±0,1 |
| Aratiba 2* | 109,70±0,1 | Estação 2* | 184,20±0,1 |
| Aratiba 3* | 158,10±0,1 | Faxinalzinho** | 69,20±0,3 |
| Aratiba 4** | 86,10±0,1 | Getúlio Vargas* | 107,75±0,1 |
| Aratiba 5** | 106,20±0,1 | Ipiranga do Sul* | 138,60±0,1 |
| Aratiba 6** | 94,60±0,1 | Mariano Moro 1* | 136,30±0,1 |
| Aratiba 7** | 94,30±0,2 | Mariano Moro 2* | 134,20±0,1 |
| Aratiba 8* | 141,70±0,1 | Mariano Moro 3** | 99,40±0,1 |
| Aratiba 9* | 112,70±0,1 | Mariano Moro 4** | 80,20±0,1 |
| Aratiba 10** | 100,40±0,1 | Paulo Bento 1* | 78,20±0,1 |
| Aratiba 11** | 89,10±0,1 | Paulo Bento 2** | 88,40±-0,2 |
| Barra do Rio Azul 1* | 116,50±0,5 | Ponte Preta 1* | 98,50±0,1 |
| Barra do Rio Azul 2** | 98,00±0,1 | Ponte Preta 2* | 104,25±0,1 |
| Barra do Rio Azul 3* | 114,40±0,1 | Severiano de Almeida 1* | 185,00±0,1 |
| Campinas do Sul** | 110,00±0,1 | Severiano de Almeida 2* | 81,25±0,1 |
| Erebango* | 133,60±0,1 | Severiano de Almeida 3* | 80,25±0,1 |
| Erechim 1* | 100,40±0,1 | Severiano de Almeida 4* | 75,75±0,1 |
| Erechim 2** | 111,70±0,1 | Severiano de Almeida 5* | 78,00±0,1 |
| Erechim 3** | 93,90±0,1 | Três Arroios 1* | 135,10±0,2 |
| Erechim 4* | 105,50±0,1 | Três Arroios 2* | 99,50±0,1 |
| Erechim 5** | 80,20±0,1 | Viadutos** | 137,00±0,1 |

*Vinho Tinto **Vinho Branco

Observa-se na Tabela 1 que das quarenta e três (43) amostras de vinho artesanal analisadas, onze amostras (negritadas) encontram-se fora dos parâmetros exigidos pela lei, ou seja, os teores de ácido estão acima dos valores máximos exigidos pela portaria do Ministério da Agricultura que exige teores entre 40 e 130 miliequivalente por litro. Nenhuma amostra apresentou teores abaixo do exigido.

Os resultados das análises referentes à graduação alcoólica das quarenta e três amostras de vinhos analisados, coletadas em 16 municípios da Região Alto Uruguai, encontram-se apresentados na Tabela 2. As análises foram realizadas em triplicata.

**Tabela 2**: Teor alcoólico nas amostras de vinho analisadas.

| Amostra | Teor Alcoólico(°G.L) | Amostra | Teor Alcoólico(°G.L) |
|---|---|---|---|
| Aratiba 1* | 10,80±0,1 | Estação 1* | 12,60±0,1 |
| Aratiba 2* | 9,60±0,1 | Estação 2* | 10,20±0,1 |
| Aratiba 3* | 8,90±0,1 | Faxinalzinho** | 9,20±0,1 |
| Aratiba 4** | 8,60±0,1 | Getúlio Vargas* | 7,00±0,1 |
| Aratiba 5** | 12,20±0,1 | Ipiranga do Sul* | 13,60±0,1 |
| Aratiba 6** | 14,10±0,1 | Mariano Moro 1* | 13,40±0,1 |
| Aratiba 7** | 12,30±0,1 | Mariano Moro 2* | 13,20±0,1 |
| Aratiba 8* | 14,00±0,1 | Mariano Moro 3** | 9,30±0,1 |
| Aratiba 9* | 11,70±0,1 | Mariano Moro 4** | 8,70±0,1 |
| Aratiba 10** | 10,40±0,1 | Paulo Bento 1* | 12,90±0,1 |
| Aratiba 11** | 9,40±0,1 | Paulo Bento 2** | 8,90±-0,1 |
| Barra do Rio Azul 1* | 12,50±0,1 | Ponte Preta 1* | 10,00±0,1 |
| Barra do Rio Azul 2** | 9,00±0,1 | Ponte Preta 2* | 12,27±0,1 |
| Barra do Rio Azul 3* | 13,40±0,1 | Severiano de Almeida 1* | 13,00±0,1 |
| Campinas do Sul** | 6,00±0,1 | Severiano de Almeida 2* | 8,00±0,1 |
| Erebango* | 13,70±0,1 | Severiano de Almeida 3* | 11,00±0,1 |
| Erechim 1* | 10,50±0,1 | Severiano de Almeida 4* | 6,60±0,1 |
| Erechim 2** | 11,70±0,1 | Severiano de Almeida 5* | 9,20±0,1 |
| Erechim 3** | 9,60±0,1 | Três Arroios 1* | 12,00±0,2 |
| Erechim 4* | 10,80±0,1 | Três Arroios 2* | 7,00±0,1 |
| Erechim 5** | 8,60±0,1 | Viadutos** | 10,10±0,1 |

*Vinho Tinto **Vinho Branco

Observa-se na Tabela 2 que das quarenta e três (43) amostras de vinho artesanal analisadas, Cinco (negritadas) encontram-se abaixo dos parâmetros exigidos pela lei, as 38 restantes estão dentro dos parâmetros, ou seja, os teores alcoólicos estão dentro dos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura que exige teores entre 8,6 e 14 % v/v.

## 4. CONCLUSÕES

Na presente pesquisa, foram analisadas quarenta e três amostras de vinho artesanal dos municípios da região Alto Uruguai gaúcho. Foram determinados teores de acidez total e teor alcoólico presente nas amostras. Das quarenta e três amostras analisadas, em relação ao teor alcoólico apenas cinco amostras não estão de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação (8,6 a 14 % v/v), o qual representa 11, 62% da amostras analisadas. Já com relação aos teores de acidez total das quarenta e três amostras, doze, as quais representam 25,58% estão com teores acima dos exigidos pela legislação (40 a 130 mEq/L), mas nenhuma está abaixo desse parâmetro. Vinhos com teores de acidez acima do exigido correm o risco de acidificar precocemente, logo sua qualidade é gravemente comprometida, havendo alterações na textura e frescor da bebida, para os casos que apresentaram excesso de acidez, foi orientado que os produtores vedassem melhor os locais de armazenamento. Quando o teor alcoólico excede o permitido pode influenciar no sabor e até na cor da bebida. Os resultados obtidos foram encaminhados aos produtores e, dentro do possível, as dúvidas dos mesmos foram sanadas.

Destaca-se que essa pesquisa é de suma importância, pois, através das análises realizadas pode-se fazer um parâmetro da qualidade dos vinhos artesanais produzidos e comercializados na região de estudo selecionada, já que, como a produção ocorre majoritariamente em cadeia familiar, falta na grande maioria das vezes um controle sanitário de acordo com as normas, e, um controle de qualidade do produto produzido, podendo ocasionar em alterações que podem ser facilmente corrigidas se identificadas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPERGS, a URI- Campus Erechim e ao grupo de pesquisa do Laqam.

## 6. REFERÊNCIAS

ALI, K. et al. Constituintes metabólicos da videira e produtos derivados de uva. **Avaliações Fitoquímica,** v.9, n.3, p.357-378, set. 2010.

AQUARONE, E. **Biotecnologia Industrial.** São Paulo: Edgar Blucher, 2001.

BACCAN, Nivaldo et al. **Química analítica quantitativa elementar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2013.

BRASIL. Instrução normativa nº 10970, de 12 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei nº 7678 de 8 de novembro de 1988 que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e vinho e dá outras providências. Brasília, novembro de 2004.

BRASIL. Instrução normativa nº 12959, de 19 de março de 2014. Altera a Lei nº 7678, de 08 de novembro de 1988, para tipificar o vinho produzido por agricultor familiar ou empreendedor familiar rural, estabelecer requisitos e limites para sua produção e comercialização e definir diretrizes para o registro e a fiscalização do estabelecimento produtor. Brasilia, março de 2014.

CARVALHO C.R.L, MANTOVANI D. M.B, CARVALHO, P.R.N, MORAES R.M.M. Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL; 1990.**

CASTEL, D.; NUOVO A.D.; ROTONDO, S.; IACOVIELLO L. Metaanalysis of wine and beer consumption in relation to vascular risk. **Circulation**, v. 6, n.44, p.105-283, 2002.

CÔRTE REAL, Mauro. **O ritual do vinho**. Porto Alegre: Editora AGE LTDA, 1993.

BRINK, J. A. Jr. SHREVE R.N. **Industrias e processos químicos**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2012.

FERRETO, Antônia Maria. **Determinação da acidez total de vinhos e mostos**. Bento Gonçalves- RS, 2003.

HARRIS, Daniel C. **Análise química quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

RIBEIRO, M. E. M.; MANFROI, V. **Vinho e Saúde: uma visão química**. Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, ano 2, n. 2, p. 91-103, 2010.**

GAVA, A. J. SILVA, C. A. B. FRIOS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos, princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Nobel, 2008.

SOUZA, G. G. et al. A uva roxa, Vitis vinífera L. (Vitaceae) – seus sucos e vinhos na prevenção de doenças vasculares. **Natureza on-line**, v.4, n.2, p.80 – 86, 2006.

SOUZA. Flavio Abreu. **Mudanças promovidas no setor vinícola do Rio Grande do Sul pela inserção de profissionais especialistas nas áreas viticultura e enologia**. Dissertação de mestrado UFRRJ, 2005.

RIZZON, L.A. DALL'AGNOL, I. **Coleção agroindústria familiar, vinho tinto**. Embrapa, Brasilia, DF, 2007.

VACCARI, N.F.S.; SOCCOL, M.C.H., IDE, G.M.; Compostos fenólicos em vinhos e seus efeitos antioxidante na prevenção de doenças. **Revista de Ciências Agoveterinárias**, Lages, v.8, n.1, p. 71- 83, 2009.

## 7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CASCA DE BANANA VERDE SUBMETIDA A DIFERENTES TEMPERATURAS DE SECAGEM

**Marla Cristina Kappaun Rodrigues**
**Bruna Maria Saorin Puton**
**Adrieli Thays de Oliveira**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Geciane Toniazzo Backes**
**Rogério Luis Cansian**
[1]Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: marlakappaun20@gmail.com, brunnaputon@hotmail.com, adrieli_thays@hotmail.com, ilizandrafernandes@yahoo.com.br, gtoniazzo@uricer.edu.br, cansian@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo do presente trabalho foi realizar o estudo da secagem da casca de banana verde em estufa de circulação de ar em diferentes temperaturas (40, 60 e 80 ºC) e avaliar a atividade antioxidante do produto desidratado. Inicialmente, as bananas verdes (Musa spp.), foram higienizadas, sanitizadas, cortadas e as cascas de banana foram branqueadas. Posteriormente, o processo de secagem foi realizado nas temperaturas de 40, 60 e 80°C e a atividade antioxidante avaliada para as amostras* in natura *e desidratadas, pelo método DPPH com leitura de absorbância a 515 nm. Os produtos desidratados nas temperaturas de 60 e 80ºC apresentam maior poder antioxidante, com um valor de* $IC_{50}$ *de 1,05±0,28 e 0,80±0,28, respectivamente*.

***Palavras-chave:*** *Branqueamento, desidratação, DPPH.*

## 1. INTRODUÇÃO

A secagem de alimentos de origem vegetal, assim como a casca da banana, é uma operação extremamente relevante para a redução do teor de umidade, aumentando o tempo de conservação dos produtos secos, e com isso melhorando o aproveitamento da produção agrícola (Massaro e Pinto, 2002; Oliveira e Freitas, 2004). Para um processo efetivo, faz-se relevante a otimização das condições da operação de secagem, especialmente a temperatura, com a finalidade de realizar não apenas a eficiência do processo, mas também a qualidade final do produto seco (Banga *et al*., 2003).

Nesse sentido, a avaliação da atividade antioxidante se torna indispensável para verificar a qualidade do produto final em relação a presença de compostos antioxidantes, que são definidos como substâncias que agem retardando ou prevenindo a oxidação do substrato envolvido nos processos oxidativos, impedindo desta forma a formação de radicais livres (Halliwell *et al*., 1995). Os radicais livres juntamente com outros oxidantes são evidenciados como os grandes responsáveis pelo envelhecimento e pelas doenças degenerativas associadas ao envelhecimento, como câncer, doenças cardiovasculares, catarata, declínio do sistema imune e disfunções cerebrais (Atoui *et al*., 2005).

A produção de radicais livres é controlada nos seres vivos por diversos compostos antioxidantes, os quais podem ter origem endógena ou serem provenientes da dieta alimentar e outras fontes, como os tocoferóis (vitamina E), ácido ascórbico (vitamina C), carotenoides, selênio e polifenóis (Valko *et al*., 2004).

Dentre os antioxidantes presentes nos vegetais, os mais ativos e frequentemente encontrados são os compostos fenólicos. As propriedades benéficas desses compostos têm recebido muita atenção nos últimos anos, sobretudo por inibirem a peroxidação lipídica e a lipooxigenase *in vitro* (Soares, 2002). Os flavonoides e os ácidos fenólicos são os que mais se destacam e considerados os antioxidantes fenólicos mais comuns de fontes naturais (Karakaya, 2004).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a secagem de casca da banana verde e a atividade antioxidante dos produtos obtidos nas temperaturas de 40, 60 e 80 ºC.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Secagem da casca de banana verde

A matéria-prima banana verde (*Musa* spp.), foi obtida em um distribuidor de frutas da cidade de Erechim – RS. As etapas de processamento da casca de banana verde estão apresentadas na Figura 1.

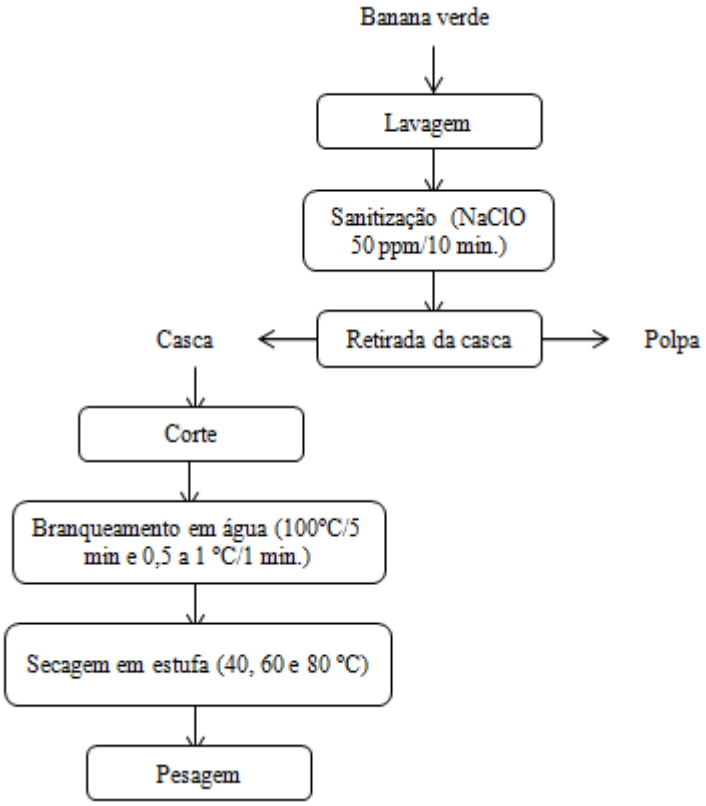



Figura 1. Fluxograma das etapas de processamento da casca de banana verde.

O processo de secagem foi realizado em estufa com circulação de ar (Fanem, Mod. 320-SE), utilizando as temperaturas de 40, 60 e 80 °C. O acompanhamento da perda de massa durante o processo foi realizado através de pesagens que ocorreram de 30 em 30 minutos para as temperaturas de 40 e 60 °C e de 15 em 15 minutos para a temperatura de 80 °C, o final da secagem foi determinado quando obteve-se peso constante.

### 2.2 Atividade Antioxidante

Para a determinação da atividade antioxidante foram obtidos os extratos brutos através de imersão das amostras em solvente álcool etílico (99,9%, Merck) por 48 h. Posteriormente, os extratos foram filtrados através de papel filtro e concentrados em evaporador rotativo a vácuo (Quimis, Mod. Q344B2) a 40 ºC. O produto concentrado foi seco em estufa (Quimis, Mod. Q819V2) e armazenado a 4 °C até a sua utilização. Para obter a concentração de extrato desejada, os extratos foram ressuspendidos em álcool etílico.

Após a obtenção do extrato, procedeu-se com a análise da atividade antioxidante. Esta metodologia é baseada na medida da extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) (Sigma-Aldrich) em 515 nm (Miranda e Fraga, 2006). A determinação da atividade antioxidante foi realizada em triplicata, por método espectrofotométrico. A técnica constituiu a incubação por 30 minutos, de 500 µL de uma solução etanólica de DPPH 0,1 mM com 500 µL de soluções contendo concentrações crescentes de extrato em etanol. A solução controle foi obtida substituindo-se 500 µL da amostra por 500 µL de etanol. A determinação da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-Visível (Pro análise, Mod. UV-1600) em comprimento de onda de 515 nm. A concentração de extrato de casca de banana verde necessária para capturar 50% do radical livre DPPH ($IC_{50}$) foi calculada por análise de regressão linear (Silvestri *et al*. 2010). A atividade de captura de radicais pelos extratos foi obtida pela Equação 1.

$$AA\% = 100-\{[(Abs.amostra - Abs.branco)\times 100]\div Abs.controle\} \quad (1)$$

### 2.3 Análise estatística

Os experimentos foram realizados em triplicata e os resultados apresentados como gráficos foram obtidos com o programa Excel. Os resultados das análises foram submetidos a ANOVA seguida de teste de Tukey (95% de confiança) para comparação das médias usando o programa IBM SPSS Statistics 21.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Curvas de secagem

A Figura 2 apresenta as curvas de secagem da casca da banana verde obtidas nas temperaturas de 40, 60 e 80 ºC.

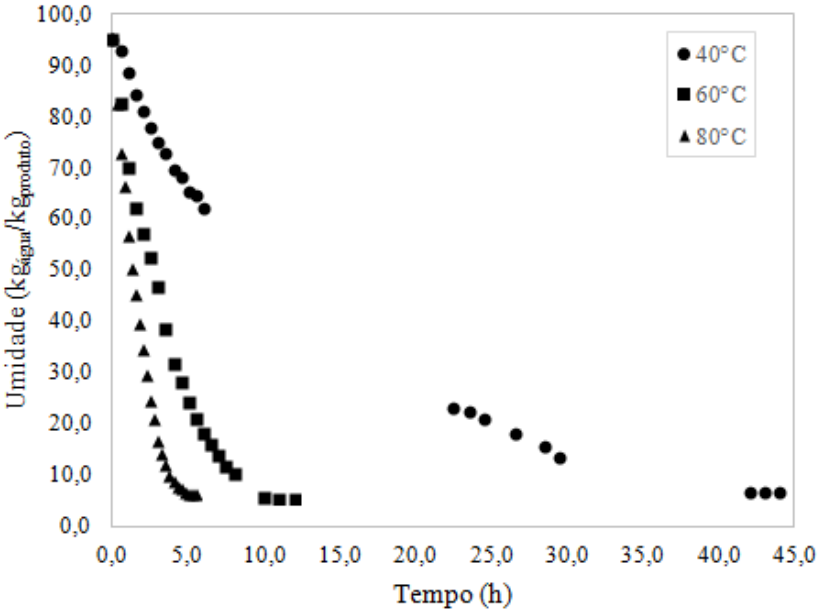



Figura 2: Curvas da secagem da casca da banana verde nas temperaturas de 40, 60 e 80 ºC

É possível observar na Figura 2 que o tempo de secagem é inversamente proporcional a temperatura utilizada para secagem. A casca da banana verde seca a 80 ºC atingiu a umidade de equilíbrio após 5,5 h de operação, na temperatura de 60 ºC o tempo necessário para alcançar a umidade de equilíbrio foi de 12 h, enquanto que no experimento utilizando 40ºC foram necessárias 44 h.

A Tabela 1 apresenta os valores de $IC_{50}$ para a atividade antioxidante da casca de banana verde *in natura* e desidratada.

Tabela 1. Valores de $IC_{50}$ para a casca da banana verde *in natura* e desidratada nas temperaturas de 40, 60 e 80 ºC.

| | **$IC_{50}$*** (mg/mL) |
|---|---|
| *In natura* | $5{,}38^{A}\pm0{,}20$ |
| Secagem 40 ºC | $5{,}14^{A}\pm1{,}07$ |
| Secagem 60 ºC | $0{,}80^{B}\pm0{,}28$ |
| Secagem 80 ºC | $1{,}05^{B}\pm0{,}28$ |

*Valor médio ± erro médio. Letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ($p<0{,}05$).

Segundo Roby (2013), quanto mais baixa for a $IC_{50}$, maior é o poder antioxidante da amostra. Nesse sentido, observa-se que a amostra *in natura* da casca da banana verde foi a que apresentou o maior valor para $IC_{50}$ (5,38 mg/mL), ou seja, menor poder antioxidante.

Quanto ao resultado obtido para amostra desidratada a 40 ºC, de 5,14 mg/mL, presume-se que o longo período de exposição à temperatura de operação provocou oxidação da amostra, não demostrando a ação benéfica do emprego de baixas temperaturas, pois os compostos fenólicos, principais compostos relacionados a atividade antioxidante em

vegetais, encontram-se dentro dos vacúolos, que os protegem das enzimas oxidativas, no entanto empregando-se uma secagem branda, essas estruturas são quebradas e liberam os compostos fenólicos, que em contato com as enzimas oxidativas e hidrolíticas ativas, são degradados (Sulaiman *et al*., 2011).

As amostras de 60 e 80 ºC não apresentaram diferença significativa entre si e apresentaram valores significativamente menores que as amostras *in natura* e desidratada a 40 ºC. Assim, as amostras desidratadas nas duas maiores temperaturas estudadas apresentaram maior poder antioxidante, 0,8 e 1,05 mg/mL, respectivamente. Esse resultado mostra que a temperatura pode ser um aliado no aumento da extração de compostos, desmistificando a ideia de que vegetais processados oferecem menor qualidade nutricional. Segundo Sulaiman *et al*. (2011), a temperatura de 60 ºC é a mais adequada para a secagem de frutas e hortaliças, visando a preservação da atividade antioxidante, pois essa temperatura promove a desnaturação enzimática, preservando os compostos fenólicos.

Miglio *et al*. (2008), constataram que processos térmicos sobre o brócolis, como ebulição, vapor e fritura aumentaram a atividade antioxidante em relação ao produto *in natura*, dessa forma os processos térmicos podem contribuir para o aumento da atividade antioxidante, já que a extração em altas temperaturas (água fervente ou solvente à quente) possui a capacidade de liberar fenólicos da parede celular ou fenólicos ligados, devido à quebra dos constituintes celulares, aumentando a quantidade de fenóis extraídos (Toor e Savage, 2006).

Dahham *et al*. (2015) avaliaram a atividade antioxidante, pelo método de DPPH, da polpa e da casca da banana madura extraída sequencialmente com n-hexano, etanol e água, e encontraram para o extrato etanólico da polpa e da casca um $IC_{50}$ de 0,044 e 0,019 mg/mL, respectivamente.

## 4. CONCLUSÃO

A temperatura de secagem foi uma aliada da atividade antioxidante, os maiores valores de $IC_{50}$ foram encontrados nas amostras desidratadas nas maiores temperaturas (60 e 80 ºC). Com base na atividade antioxidante do produto, foi possível destacar a operação de secagem em temperatura de 60 ºC como a melhor entre as três temperaturas estudadas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq, FAPERGS e a URI-Erechim pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

Atoui, A.K. et al., 2005. “Tea and herbal infusions: their antioxidant activity and phenolic profile”. *Food Chemistry*, Vol. 89, No. 1, p. 27-36.

Banga, J. et al., 2003. “Improving food processing using modern optimization methods”. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 14, No. 4, p. 131-144.

Dahham, S.S. et al., 2015. “Antioxidant activities and anticancer screening of extracts from banana fruit (*Musa sapientum)”. Academic Journal of Cancer Research*, Vol. 8, p. 28–34.

Halliwell, B., Aeschbach, R., Löliger, J., Aruoma, O. I., 1995. “The characterization of antioxidants”. *Food Chemistry Toxicology*, Vol. 33, No. 7, p. 601-17.

Karakaya, S., 2004. “Bioavailability of Phenolic Compounds”. Critical Reviews Food Science Nutrition, Vol, 44, No. 6. p. 453-64.

Massaro, A.; Pinto, L.A.A., 2002. “Enriquecimento proteico de farelo de arroz desengordurado com sangue bovino, utilizando a técnica de leito de jorro”. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. Vol. 61, No. 2, p. 77-84.

Miranda, A.L.P., Fraga, C.A.M., 2006. “Atividade seqüestradora de radical livre determinação do potencial antioxidante de substâncias bioativas”. In: Monge A.; Ganellin, C. R. *Pratical studies for medicinal chemistry*. Genebra: IUPAC, p. 1-14.

Miglio, C. et al., 2008. “Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol.56, No. 1, p. 139–147.

Oliveira, H.V.A., Freitas, L.A.P, 2004. “The effect of processing factors on the efficiency of hard gelatin capsules coating in a spouted bed”. In: INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM, 14. 2004. São Paulo. *Proceedings of the 14th International Drying Symposium*. São Paulo: p. 852-859.

Roby, M.H.H. et al., 2013. “Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts”. *Industrial Crops and Products*, Vol. 43, No. 1, p. 827– 831.

Silvestri, J.D.F. et al., 2010. “Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.)”. *Revista Ceres*, Vol. 57, No. 5, p. 589-594.

Soares, S.E., 2002. “Phenolic acids as antioxidants”. *Revista de Nutrição***,** Vol. 15, No. 1, p. 71-81.

Sulaiman, S.F. et al., 2011. “Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp.)”. *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 24, p. 1–10.

Toor, R.K., Savage, G.P., 2006. "Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes". *Food Chemistry*, Vol. 94, p. 90–97.

Valko, M. et al., 2004. "Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence". *Molecular and Cellular Biochemistry*, Vol. 266, No.1, p. 37-56.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INATIVAÇÃO DE *SALMONELLA CHOLERAESUIS* UTILIZANDO DIÓXIDO DE CARBONO SUPERCRÍTICO

**Renan Daniel Krabbe**
**Kelli Fatima Tonkiel**
**Bruno Fischer**
**Bruna Maria Saorin Puton**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Geciane Toniazzo Backes**
**Rogério Luis Cansian**
[1]Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI-Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil
e-mail: renan_krabbe@outlook.com; kelliftonkiel@gmail.com; brunnaputon@hotmail.com; bruno.fischer.com@hotmail.com; ilizandrafernandes@yahoo.com.br; gtoniazzo@uricer.edu.br; cansian@uricer.edu.br;

***Resumo**: Este trabalho teve como objetivo avaliar a inativação de Salmonella choleraesuis em matriz líquida (meio de cultura LB) utilizando dióxido de carbono supercrítico (SC-$CO_2$). Para atingir este objetivo foram analisados os efeitos da razão entre massa de inóculo e massa de dióxido de carbono ($CO_2$) e da pressão para a inativação de S. choleraesuis. Também foram realizadas cinéticas de inativação de S. choleraesuis em diferentes pressões, para determinação do valor D. O uso de dióxido de carbono supercrítico com tempo de 90 minutos, pressão de 130 bar, em uma taxa de despressurização de 100 bar/min. e temperatura de 33 °C, proporcionou reduções de 43,4, 37,4 e 26,6% na contagem de Salmonella choleraesuis com razões de entre massa de inóculo e massa de $CO_2$ de 1:02, 1:06 e 1:1. Os valores de D para diferentes pressões foram de 52, 48 e 32 minutos para redução de 1,0 log, nas pressões de 90, 110 e 130 bar, respectivamente.*

***Palavras – chave:** micro-organismo, despressurização, $CO_2$, cinética.*

## 1. INTRODUÇÃO

As indústrias alimentícias estão em evolução devido a crescente demanda por alimentos nutritivos e saudáveis que atendam a necessidade de ser um produto de alta qualidade e seguro. Entretanto, grande parte dos produtos alimentícios é muito suscetível a deterioração microbiana devido a sua alta atividade de água ou alto nível de nutrientes (Torrezan, 2003).

As doenças causadas por alimentos (DTA's) ocorrem em decorrência da contaminação do alimento por micro-organismos patogênicos que podem causar sintomas ao consumidor podendo levar a danos permanentes ou até a morte do mesmo, o que torna a segurança uma das prioridades da indústria (Marchi *et al.*, 2011). Sendo a presença da bactéria *Salmonella* spp em alimentos, um grande problema de segurança pública e intolerável em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Ela é uma bactéria entérica e a principal responsável por casos de grave intoxicação alimentar (Sakugawa Shinohara *et al.*, 2008).

A capacidade da *Salmonella* de crescer a temperaturas de 8 a 45 °C, em uma faixa de pH de 4,0-9,0, e com baixa atividade da água a torna um empecilho para a indústria. Além dos métodos tradicionais como calor e produtos químicos, várias tecnologias emergentes surgiram no mercado com a promessa de causar menos dano ao produto final como a radiação UV, a ultra-sonografia, e o dióxido de carbono de alta pressão, e se mostraram eficientes contra *Salmonella* (Sudarsan *et al.*, 2012).

Desta fora, a utilização de $CO_2$ em alta pressão visa destruir micro-organismos sem alteração das características sensoriais do produto, como sabor e cor por exemplo. Processos que envolvem calor e adição de químicos muitas vezes alteram as características e qualidade final do produto, o que não ocorre com o uso da alta pressão (Yordanov *et al.*, 2010). Considerado um método promissor, pois consiste na utilização da pressão e temperaturas relativamente baixas para manter a qualidade do produto. O uso de dióxido de carbono ($CO_2$) como solvente se deve a ele ser inerte, amplamente disponível, baixo custo, pureza, toxidade, reciclável, não inflamável e não deixa resíduos quando descartado (Ferrentino e Spilimbergo, 2011).

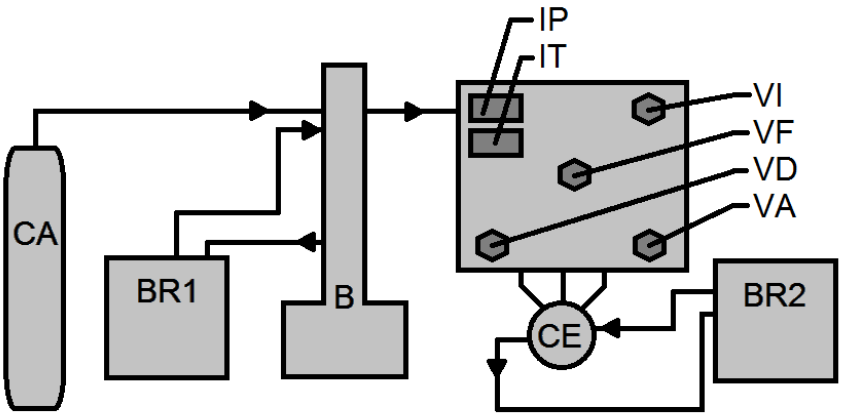
A taxa de morte na presença do calor constante é uma função exponencial. Conseqüentemente, quando o $\log_{10}$ dos números dos sobreviventes são traçados em relação ao tempo, o comportamento é descrito por uma linha reta. O valor de D é definido amplamente como o tempo exigido para o número de bactérias viáveis para diminuir 1 unidade logarítmica (ou o negativo recíproco desta inclinação). Este valor de D é usado então como um modelo para respostas além dos dados visando estimar o tempo exigido para a desinfecção ($10^{-3}$ CFU/ml) ou a esterilização ($10^{-6}$ CFU/ml) considerando-se as cinéticas de morte como de primeira ordem (Abraham *et al.*, 1990). Além disso, os valores de D são sugeridos como indicadores rápidos da eficácia preservativa de um agente antimicrobiano (Akers, 1984).

Neste sentido, é essencial a avaliação de novos procedimentos para preservação de alimentos uma vez que os consumidores necessitam de alimentos de alta qualidade. Sendo assim, o objetivo do trabalho é verificar a eficiência do dióxido de carbono supercrítico na inativação de *Salmonella choleraesuis* e determinar a razão entre a massa de $CO_2$ e a massa de inóculo, visando determinar a menor quantidade de $CO_2$ a ser utilizada, com a maior eficácia na destruição do micro-organismo e determinação da razão letal (valor-D).

## 2 METODOLOGIA

O aparato experimental de alta pressão utilizado (Figura 1) é composto por um cilindro de alimentação (CA) que alimenta a bomba de alta pressão (B) com Dióxido de Carbono. A bomba de alta pressão (Marca ISCO, Modelo 260D) com capacidade de 260 mL, permite saber o volume de gás deslocado ao sistema, a pressão e as taxas de pressurização e despressurização a partir do fluxo de gás. O banho de recirculação termostático (BR1) tem a função de manter a bomba refrigerada a 7 ºC. A célula de equilíbrio (CE), onde se realiza os tratamentos possui um volume total de 42 mL, é composta por um pistão para controlar o volume e consequentemente a pressão do sistema, uma conexão para o termopar, uma para a alimentação e uma no fundo para a pressurização do sistema.

**Figura 1:** Diagrama esquemático do aparato experimental.




Fonte: Ferrentino *et al*. (2013) com adaptações.

A célula foi fabricada em aço inox 316 e possui ao seu redor uma camisa que é ligada a um banho de recirculação termostático (BR2) para o aquecimento a 33 ºC. O painel de controle é composto por um indicador de pressão (IP), um indicador de temperatura (IT) e pelas válvulas de alimentação (VA), isolamento da bomba (VI), fundo da célula (VF) e descarga (VD).

A cepa disponibilizada pelo Laboratório de Biotecnologia da URI – Campus de Erechim foi *Salmonella choleraesuis* (ATCC 10708), previamente crescida em caldo Luria Bertani - LB (10 $g.L^{-1}$ triptona; 5 $g.L^{-1}$ extrato de levedura; 5 $g.L^{-1}$ NaCl). Para crescimento foi feito o repique em caldo LB e incubado por 24 horas a 37ºC. Para o preparo do inóculo foram diluídas as células em água peptonada 0,1% para obter uma concentração próxima a 1,0 x $10^5$ UFC/mL.

Injetou-se 15 ml da cultura contendo em torno de $10^5$ (UFC/mL) e $CO_2$ na célula de trabalho, de acordo com a razão massa de inóculo: massa de $CO_2$, testando-se razões de 1g de inóculo para 0,2, 0,6 e 1,0 g de $CO_2$ em condições fixas de tempo (90 min.) e pressão (130 bar). A taxa de despressurização (100 bar/min.) e a temperatura (33°C) foram mantidas fixas para todos os experimentos.

Ao término de cada experimento, após a abertura da célula, realizou-se a análise microbiológica plaqueando-se (0,1 mL) em meio LB estéril, e posterior incubação por 24 horas a temperatura de 37°C para posterior contagem dos micro-organismos, expressos em UFC/mL.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das contagens microbianas antes e após o tratamento com $CO_2$ nas diferentes razões de massa de inóculo:massa de $CO_2$ encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1:** Contagem de *S. choleraesuis* antes e após o tratamento com $CO_2$ nas diferentes razões de massa de inóculo:massa de $CO_2$.

| Razão Massa inóculo: massa $CO_2$ | Sem tratamento (Log UFC/mL) | Após tratamento (Log UFC/mL) | Redução (Log UFC/mL) | Redução (%) |
|---|---|---|---|---|
| **1:02** | 5,30 ± 0,33 | 3,00 ± 0,00 | 2,30 | 43,4 |
| **1:06** | 5,32 ± 0,83 | 3,33 ± 0,75 | 1,99 | 37,4 |
| **1:1** | 5,56 ± 0,01 | 4,08 ± 0,09 | 1,48 | 26,6 |

Observa-se que o aumento na massa de $CO_2$ não foi efetivo sendo inversamente proporcional a redução da contagem microbiana. O fato de o aumento na razão de $CO_2$ em relação à massa de inóculo não se mostrar significativa no processo significa que é possível usar a menor quantidade de $CO_2$, ocasionando uma maior economia no processo, devido a um menor consumo do mesmo. Dados divergentes foram relatados por Soares (2012), onde o parâmetro foi imprescindível para inativação de *Listeria monocytogenes*, no entanto o mesmo trabalhou com valores na faixa de 0,2 a 0,8, porém mesmo usando quantidade de $CO_2$ menor (0,2) a redução também foi de 100%.

A divergência entre os resultados pode estar relacionada a diferenças entre os tipos de parede celular de bactérias Gram-positivas como *L. monocytgenes* que é mais rígida por apresentar uma expessa camada de polipeptídioglicano em relação a Gram-negativas como *Salmonella* sp. onde esta camada é mais fina e recoberta por uma camada lipoproteica (Brooks, 2012), tornando-a mais sensível ao dióxido de carbono supercrítico.

Segundo Karaman e Erkmen (2001), a maior concentração de $CO_2$ facilita uma maior solubilização do gás no interior das células bacterianas fazendo com que no momento da despressurização, quando ocorre a expansão do dióxido de carbono, o rompimento celular ocorra com maior facilidade levando a maior eficiência na inativação do micro-organismo.

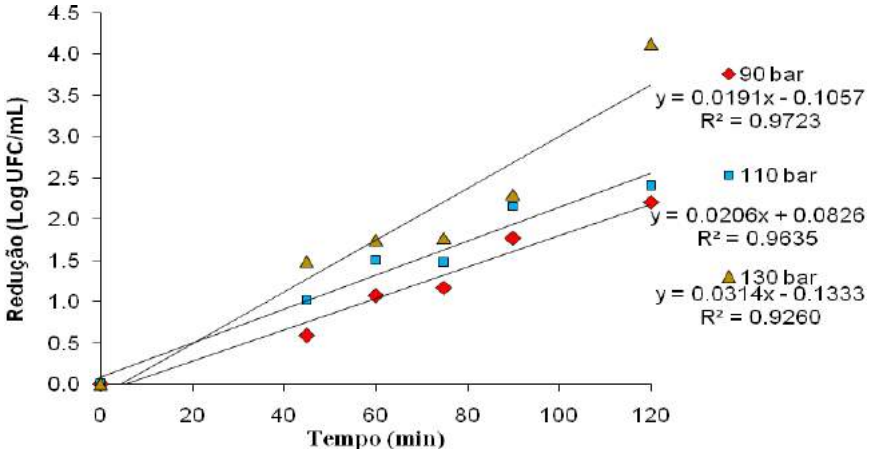
De acordo com Patterson (2005) a membrana celular é a parte do micro-organismo que mais sofre ação da alta pressão. Ela provoca mudanças na organização molecular do complexo lipídeo-peptideo rompendo a estrutura da membrana de dupla camada de ácidos fosfatídicos. Quando ocorre a reorganização da membrana, ocorrem alterações nas funções das proteínas que controlam a permeabilidade de íons, o que faz com que a membrana perca a sua funcionalidade.

Em geral, a inativação microbiana é acelerada com o aumento pressões de $CO_2$. Como consequência, a pressões mais elevadas, é necessário menor tempo de exposição para inativar o mesmo nível de células microbianas . A pressão controla a taxa de solubilização de $CO_2$ e a sua solubilidade total num meio de suspensão. Portanto, uma pressão mais elevada aumenta a solubilização de $CO_2$ para facilitar tanto a acidificação do meio externo, como o seu contato com as células. Além disso, o $CO_2$ com pressões mais elevadas, em geral, exibe um poder de diluição superior. A inativação microbiana é também sensível à aplicação da temperatura. Em geral, a taxa de inativação aumenta com aumento da temperatura (em igualdade de condições). Temperaturas mais altas estimulam a difusividade do $CO_2$, e pode também aumentar a fluidez da membrana celular para realizar a penetração mais facilmente (Lin *et al.*, 1993; Hong e Pyun, 1999).

Spilimbergo *et al*. (2002) obteve esterilização completa de bactérias Gram-positivas *B. Subtilis* assim como de bactérias Gram-negativa *P. aeruginosa* sob pressão de operação de 74 bar e um tempo de exposição em condições estáveis de 2,5min. A justificativa da autora para a morte microbiana é a concentração de $CO_2$ na fase líquida, que recebe, na verdade, uma pressão mais elevada e maior tempo de processamento. Segundo este estudo a hipótese mais provável para a inativação de bactérias é o efeito sinérgico de diminuição do pH intracelular e a modificação da membrana citoplasmática causada por dissolução de $CO_2$. O passo limitador da velocidade é, por conseguinte, a taxa de pressurização que determina a velocidade de saturação do $CO_2$ no meio. Em particular, o $CO_2$ tem relativamente baixa solubilidade em água; pelo contrário, é bem solúvel em lípidios, dependendo da pressão e temperatura utilizada no processo.

A Figura 2 demonstra as cinéticas de inativação a 90, 110 e 130 bar, respectivamente, durante 120 min. A razão e taxa de despresurização foram mantidas constantes conforme 1:02 massa de $CO_2$: massa de inóculo. Observa-se que a taxa de inativação aumenta conforme se aumenta a pressão do sistema, permitindo desta forma reduzir o tempo de tratamento. É possível verificar que a 90 e 100 bar a inativação ocorre de forma lenta, quando ocorre aumento de pressão para 130 bar a redução de 4,5 Log é alcançada em 120 minutos de tratamento.

**Figura 2:** Cinética de inativação de *Salmonella choleraesuis* com pressão de 90, 110 e 120 bar.




Segundo Erkmen e Karaman (2001) o tempo de aumento de pressão exerce um efeito importante sobre a sobrevivência de *S. typhimurium*, contagens diminuíram à medida que a pressão aumentou para um nível de 80 bar, cerca de 22,9% e 25,9% de redução foram observadas respectivamente.

Desta forma, a partir dos coeficientes angulares das equações das retas obtidas na linearização dos pontos em cada uma das cinéticas de inativação de *Salmonella choleraesuis* em função do tempo, com pressões fixadas em 90, 110 e 130 bar, foram obtidos os valores de D (-1/b), os quais podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Valores de D para as cinéticas de inativação de *S. aureus* em função da pressão.

| Pressão (bar) | Valor de D (min) |
|---|---|
| 90 | 52,3 |
| 110 | 48,5 |
| 130 | 31,8 |

Como pode ser visto na Figura 2 e na Tabela 2, a constante de inativação aumenta com a pressão, indicando que altas pressões aceleram a taxa de inativação. Além disso, o tempo de redução decimal diminui com o aumento da pressão, como esperado. Estes resultados mostram que um tempo de processamento relativamente alto é necessário para obter uma redução logarítmica na contagem microbiana. Para a pressão de 90 bar precisa-se de 52 min. para reduzir 1,0 Log, na pressão de 110 bar verifica-se que para reduzir 1,0 log necessita-se de 48 min., em 130 bar leva-se menos tempo reduzindo-se 1,0 log a cada 32 minutos.

Erkmen; Karaman (2001) avaliaram a cinética de inativação de *E. coli* por dióxido de carbono de alta pressão e verificaram que as taxas de inativação aumentaram com o aumento da pressão de 2,5 para 100 bar, temperatura de 20 para 48 °C e tempo de exposição. Kim *et al.* (2007) utilizaram dióxido de carbono supercrítico para inativar a *E. coli* patogênica O157: H7 e *E. coli* genérica. Para ambas as cepas, verificou-se uma redução de 8 log na contagem microbiana dentro de 15-30 min, na faixa de tratamento de 80-150 bar e 35-45 °C. Além disso, foi relatada a deformação e colapso das células tratadas com $CO_2$ supercrítico.

No estudo de Silva (2013) os tempos de redução constante e decimal da inativação variaram de 0,0848 a 0,4717 min e de 4,90 a 27,46 min, respectivamente para *Escherichia coli*. Os valores de D obtidos neste estudo foram inferiores aos verificados para *Salmonella typhimurium*, que também é uma bactéria Gram-negativa (Erkmen e Karaman, 2001).

De acordo com Erkmen; Karaman (2001), as bactérias Gam-positivas como *L. monocytogenes* são mais resistentes ao tratamento com alta pressão do que as Gram-negativas, por apresentarem parede celular mais espessa, apresentando espessuras variando de 20 a 80 nm, bactérias negativas apresentando um valor máximo de 20 nm. A influência da espessura da parede celular é facilmente verificada nos primeiros 60 minutos de tratamento, onde a inativação é menos pronunciada do que em tempos maiores. Isso ocorre porque o tempo necessário para que o dióxido de carbono ($CO_2$) se difunda através da parede celular e solubilize os compostos internos é maior do que para bactérias gram-negativas, como *E. coli*.

## 4. CONCLUSÃO

A utilização de dióxido de carbono supercrítico com tempo de 90 minutos, pressão de 130 bar, taxa de despressurização de 100 bar/min. e temperatura de 33°C, proporcionou reduções de 43,4, 37,4 e 26,6% na contagem de *Salmonella choleraesuis* com razões de entre massa de inóculo e massa de $CO_2$ de 1:02, 1:06 e 1:1. O aumento na massa de $CO_2$ em relação à massa de inóculo de *Salmonella cheleraesuis* não foi efetivo sendo inversamente proporcional a redução da contagem microbiana, permitindo usar a menor quantidade de $CO_2$, ocasionando uma maior economia no processo, devido a um menor consumo do mesmo. Os valores de D para diferentes pressões foram de 52, 48 e 32 minutos para redução de 1,0 log, nas pressões de 90, 110 e 130 bar, respectivamente.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e a URI-Erechim pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, G., Debray, E., Candau, Y., Piar, G., 1990. "Mathematical model of thermal destruction of Bacillus stearothermophilus spores". A*pplied and Environmental Microbiology*, Vol. 56, p. 3073-3080.

Akers, M. J., Boand, A. V., Binkley, D. A., 1984. "Preformulation method for parenteral preservative efficacy evaluation". *Journal of Pharmaceutical Sciences*, Vol. 73, p. 903-905.

Brooks, Geo F. (coord.), 2012. *Microbiologia médica de Jawetz, Melnick e Adelberg*. 25. ed. Porto Alegre: AMGH, 813p.

Erkmen, O., Karaman, H., 2001. "Kinetic studies on the inactivation of high pressure carbon dioxide from Salmonella typhimurium". *Revista de Engenharia de Alimentos*. Vol. 50, p. 25 – 28.

Ferrentino, G., Spilimbergo, S., 2011."High pressure carbon dioxide pasteurization of solid foods: Current knowledge and future outlooks". *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 22 (8), p. 427–441.

Ferrentino, G., Balzan, S., Spilimbergo, S. (2013). "Optimization of supercritical carbon dioxide treatment for the inactivation of the natural microbial flora in cubed cooked ham". *International Journal of Food Microbiology*, Vol.161(3), 189–196.

Hong, S-I., Pyun, Y-R., 1999. "Inactivation kinetics of Lactobacillus plantarum by high pressure carbon dioxide". *Journal Food Science*, Vol. 64 (4), p. 728–733.

Karaman, H., Erkmen, O., 2001. "High carbon dioxide pressure inactivation kinetics of *Escherichia coli* in broth". *Food Microbiology*, Vol. 18, p. 11-16.

Kim, S.R., Rhee, M.S., Kim, B. C., Kim, K.H., 2007. "Modeling the inactivation of Escherichia coli o157: h7 and generic Escherichia coli by supercritical carbon dioxide". *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 118 (1), p. 52 – 61.

Lin, H-M., Yang, Z.Y., Chen, L-F., 1993. "Inactivation of *Leuconostoc dextranicum* with carbon dioxide under pressure". *Journal Biochemical Engineering*, Vol. 52, p. 29–34.

Marchi, D. M., Baggio, N., Teo, C.R.P.A., Busato, M. A., 2011. "Ocorrência de surtos de doenças transmitidas por alimentos no município de Chapecó, estado de Santa Catarina, Brasil, no período de 1995 a 2007". *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Vol .23(3), p. 401-407.

Patterson, M. F., 2005. "Microbiology of pressure-treated foods - A review". *Journal of Applied Microbiology*, Vol .98, p.1400-1409.

Sakugawa Shinohara, N. K., Barros, V. B., Jimenez, S. M. C., Machado, E. C. L., Dutra, R. A. F., Filho, J.L.L., 2008. "Salmonella spp: importante agente patogênico veiculado em alimentos". *Ciência & Saúde Coletiva*, Vol. 13 (5), p.1675-1683.

Silva, J. M., Rigo, A. A., Dalmolin, I. A., Debien, I., Cansian, R. L., Oliveira, J. V., Mazutti, M. A., 2013. "Efeito da pressão, taxa de despressurização e ciclagem de pressão na inativação de Escherichia coli por dióxido de carbono supercrítico". *Controle de Alimentos*, Vol. 29, p. 76 – 81.

Spilimbergo, S., Elvassore, N., Bertucco, A., 2002. "Microbial inactivation by high pressure". *Journal of Supercritical Fluids*, Vol. 22, p. 55-63.

Sudarsan, M. and raghupathy, R., 2012. "Application of emerging technologies to control salmonella in foods: A review." *Food Research International*, Vol. 45 (2), p. 666-677.

Torrezan, R., 2003. "Uso da tecnologia de alta pressão para a inativação de microrganismos em produtos cárneos". *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, Vol. 2 ( 2), p. 249-266.

Yordanov, D. G. and Angelova G.V., 2010. "High pressure processing for foods preserving". *Biotechnology & Biotechnology*, Vol. 24(3), p. 1940-1945.

## 7 . RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRODUÇÃO DE GOMA XANTANA A PARTIR DE *Xanthomonas campestres* LIVRE E IMOBILIZADA

**Raíza A. Mesquita**[1]
**Guilherme Hassemer**[1]
**Vinicíus Marchiori**[1]
**José Kiedis**[1]
**Eloane Malvessi**[2]
**Alexander Junges**[1]
**Eunice Valduga**[1]
**Rogério Luis Cansian**[1]
**Jamile Zeni**[1]

[1] Departamento de Ciências Agrárias- Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI - Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim, RS, 99700-000, Brasil. Email: raizamesquita@hotmail.com; guilherme.hassemer@hotmail.com; vini_marchiori@hotmail.com; jose_kiedis@outlook.com; junges@uricer.edu.br; veunice@uricer.edu.br; cansian@uricer.edu.br; jamilezeni@uricer.edu.br
[2] Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caixa Postal 1352, CEP 95001-970, Caxias do Sul, RS, Brasil. E-mail: emalvess@ucs.br

***Resumo.*** *O presente trabalho teve como objetivo imobilizar o micro-organismo Xanthomonas campestris com síntese simultânea em poliuretano e avaliar a produção de goma xantana com o micro-organismos livre e imobilizado. O processo de imobilização do micro-organismo se deu com a mistura de poliol e isocianato. A imobilização foi avaliada pela quantidade de goma xantana produzida. De acordo com os resultados obtidos, o processo de imobilização apresentou aumento de produção de goma xantana de 274% em relação às células livres.*

***Palavras-chave:*** imobilização, *micro-organismo*, poliuretano.

## 1. INTRODUÇÃO

A goma xantana, um biopolímero de grande importância industrial, foi descoberta em 1950 nos laboratórios do Departamento de Agricultura estado-unidense, e foi o primeiro polímero natural a ser produzido em escala industrial (HABIBI & KHOSRAVI-DARANI, 2017). A goma xantana é resultado da fermentação de glicose e outros açúcares pela bactéria *Xanthomonas campestris*. Devido à sua estrutura, a tem aplicação nos mais diversos segmentos industriais, tais como setor de alimentos, fármacos e indústria petroquímica (ZHANG & CHEN, 2010).

Foi estimado um consumo de 248.578 toneladas de goma xantana no ano de 2016, envolvendo US$ 699 milhões (BCC RESEARCH, 2017). Em 2017, foi estimado que o mercado de goma xantana movimentou cerca de US$ 737 milhões, com uma projeção de crescimento anual de 5,7% em cinco anos (2017-2022). Espera-se ainda que o mercado de goma xantana chegue a movimentar no mínimo US$ 972 milhões em 2022 (BCC RESEARCH, 2017).

As indústrias que se destacam na produção de xantana se encontram em países como Estados Unidos e França (FRONT RESEARCH, 2016; ZION MARKET RESEARCH, 2016). Como sua produção industrial se dá pela fermentação de glicose ou de sacarose, e estas matérias-primas têm um custo elevado, a goma xantana possui alto valor agregado, sendo que 50% deste valor final está relacionado com a separação e purificação do processo (LI et al., 2016). Uma alternativa que permite melhor separação e purificação do produto é a imobilização de micro-organismos, sendo uma abordagem de baixo custo para a melhoria do processo, já que o suporte oferece proteção às células e também proporciona a reutilização dos micro-organismos imobilizados (KOSSEVA, 2011).

A imobilização em espuma de poliuretano oferece diversos aspectos positivos, tais como grande resistência à força mecânica, a solventes orgânicos e a ataques microbiológicos, além de ser fácil de manusear e ter custo acessível. O poliuretano tem sido usado como matriz de imobilização para diferentes micro-organismos, e foi amplamente utilizado para diferentes propósitos (WAN-MOHTAR et al., 2016).

Os estudos disponíveis na literatura avaliam diversos meios de reduzir o custo de produção da goma xantana através do uso de fontes de carbono alternativas (SUBHASH, JADHAV & JANA, 2015; LI et al., 2016) e através do uso de fermentação em estado sólido (ZHANG & CHEN, 2010). Até o presente momento, apenas um estudo (NIKNEZHAD et al., 2016) aborda a produção de goma xantana utilizando a técnica de imobilização para o micro-organismo *X. campestris*, sendo este em alginato, fazendo com que o presente estudo de imobilização *in situ* em poliuretano para este micro-organismo seja pioneiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Micro-organismo

A cepa da bactéria *Xanthomonas campestris* (ATCC 13951) foi obtida da Fundação André Tosello, na forma ultracongelada a -80ºC.

### 2.2 Produção de goma xantana com *Xanthomonas campestris* livre

Primeiro preparou-se um pré-inóculo, partindo de uma alçada de cultura crescida sobre ágar YM e incubada em estufa por 24 h, na temperatura de 35ºC. Esta foi então inoculada em 10 mL de meio YM líquido, em erlenmeyers com capacidade de 50 mL, incubado em shaker com agitação de 180 rpm, a uma temperatura de 28ºC, durante 24 h. Decorrido o tempo de incubação, as células foram decantadas através de centrifugação a 9625 g, 4°C durante 30 minutos, ressuspendidas em 10 mL de água destilada estéril e inoculadas no meio para produção de goma.

A produção de goma xantana ocorreu em meio YM modificado, composto por: sacarose (50 g/L, Synth), fosfato de potássio dibásico (5 g/L, Cinética), fosfato de amônio monobásico (2,5 g/L, Vetec), sulfato de amônio (2 g/L, Nuclear), ácido bórico (0,006 g/L, Dinâmica), cloreto férrico (0,0024 g/L, Merck), cloreto de cálcio (0,002 g/L, Synth) e sulfato de zinco (0,002 g/L, Merck). Em erlenmeyers de 250 mL adicionou-se 90 mL de meio de cultura, e 10mL de inóculo contendo *X. campestris* na concentração de aproximadamente $10^5$ UFC/mL, os quais foram incubados a 28º C, 180 rpm por 96 h (GARCÍA-OCHOA et al., 2000; ROTTAVA et al., 2009; LI et al., 2016). Amostras foram coletadas de tempos em tempos para quantificação de goma xantana, células e consumo de substratos (GARCÍA-OCHOA et al., 2000; ROTTAVA et al., 2009; LI et al., 2016).

### 2.3 Imobilização de *Xanthomonas campestris* in situ em espuma de poliuretano

A imobilização em poliuretano (PU) foi desenvolvida adaptando as condições descritas por Nyari et al. (2016). Centrifugou-se 10 mL de meio de cultura contendo $10^5$ UFC/mL e seu precipitado (aproximadamente 0,45 g) foi resuspendido em 1 mL de água destilada estéril. Este inóculo foi adicionado a 6 mL de poliol e homogeneizado. Então, 4 mL isocianato foram acrescentadas à mistura sob agitação constante. A polimerização foi realizada a temperatura ambiente, e após 24 h de secagem a temperatura ambiente (22 ± 2°C), a espuma resultante foi cortada em cubos de 1 cm³.

### 2.4 Produção de goma xantana com *Xanthomonas campestris* imobilizada

Os cubos de espuma contendo as células de *X. campestris* imobilizadas foram imersos em meio de cultura YM modificado (50 g/L de sacarose, 5 g/L de fosfato de potássio dibásico, 2,5 g/L de fosfato de amônio monobásico, 2 g/L de sulfato de amônio, 0,006 g/L de ácido bórico, 0,0024 g/L de cloreto férrico, 0,002 g/L de cloreto de cálcio e 0,002 g/L de sulfato de zinco) na proporção de 1 cubo para 9 mL de meio, imediatamente após o término da secagem. As condições de cultivo foram 28º C, 180 rpm por 96 h. Amostras foram coletadas de tempos em tempos para quantificação de goma xantana, células e consumo de substratos.

### 2.5 Quantificação de células

A quantificação de células foi feita através da técnica de peso seco. O conteúdo do erlenmeyer (10 mL) foi vertido em um tubo falcon previamente dessecado e pesado. Centrifugou-se a amostra a 9625 g, durante 30 minutos, em 4°C, causando a decantação das células presentes. O sobrenadante, contendo a goma xantana, foi removido assepticamente e o precipitado foi lavado com água destilada e centrifugado novamente. A amostra foi transferida para uma placa de petri e colocada em estufa a 105ºC até peso constante (SILVA et al., 2009). Em relação às células imobilizadas, realizou-se a quantificação de biomassa desprendida do poliuretano para o meio através do mesmo método, apenas removendo o cubo de poliuretano do meio previamente à centrifugação.

### 2.6 Quantificação de goma

A quantificação de goma foi realizada utilizando o sobrenadante resultante da primeira centrifugação do item 2.5 Este foi misturado assepticamente com isopropanol (Dinâmica®, 99,5%) na proporção 1:3 e centrifugado nas mesmas condições. Após a centrifugação, colocou-se a amostra em placa de petri, previamente dessecada, e armazenada em estufa a 50ºC até peso constante (NIKNEZHAD et al., 2016).

### 2.7 Consumo de substrato

O consumo de fontes de nitrogênio e de carbono foi feito através das técnicas de Nitrogênio Total e Carbono Orgânico Total (TOC-V SHIMADZU) (GENG et al., 2017).

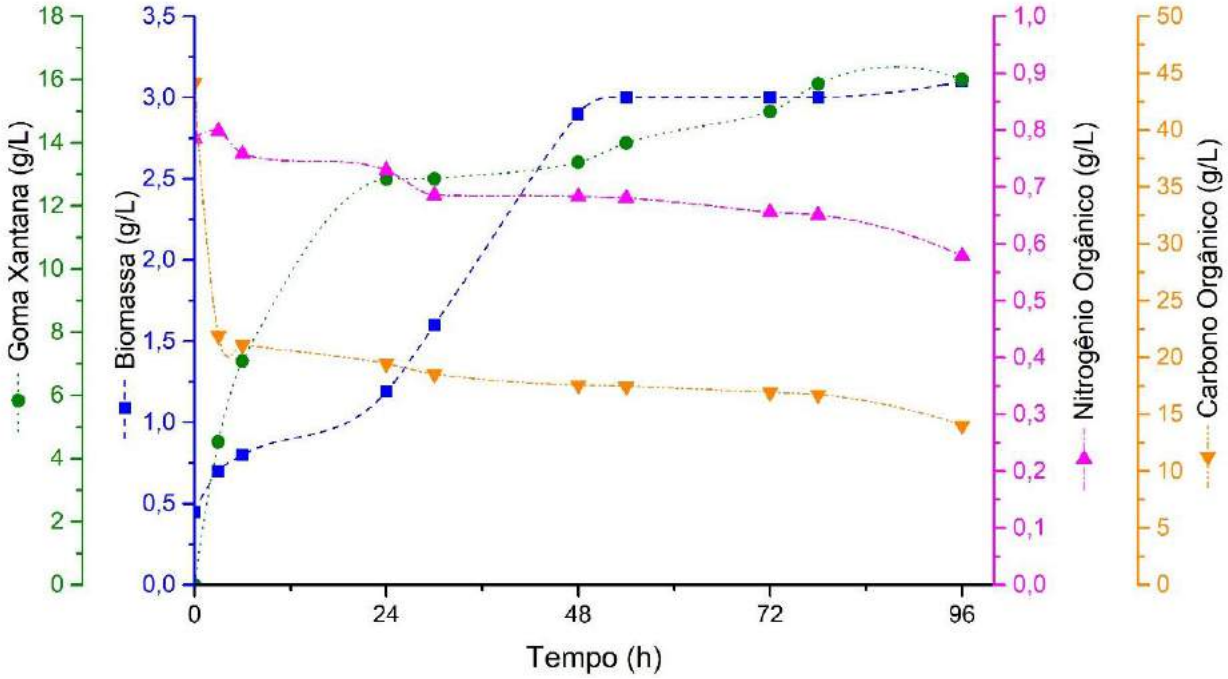
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Produção de goma xantana com *Xanthomonas campestris* livre

A Figura 1 apresenta os resultados da produção de goma xantana, ao longo de 96 horas de cultivo, a partir de *X. campestris* livre. Observa-se que a máxima produção de goma xantana (16 g/L) ocorreu em 96 horas de fermentação. Destaca-se que, nas primeiras 24 horas de fermentação, a produção é exponencial e, com o decorrer do tempo, se torna mais linearizada. O aumento da viscosidade do meio pode levar a problemas de transferência de massa, assim como a queda de pH com o decorrer do tempo de fermentação, fatores que podem explicar a menor velocidade de produção a partir de 24 horas.

A fase log do crescimento da *X. campestris* ocorre entre as 24 e 48 horas, sendo que após 48 horas a biomassa atinge a fase estacionária. Em relação ao consumo de substrato, 50,37% do carbono disponível foi consumido nas primeiras três horas. Após 96 horas, houve uma redução de 68,26% do carbono inicial. O nitrogênio disponível teve um consumo baixo e linear (26,35% em 96 horas).

Figura 1. Produção de goma xantana com *X. campestris* livre.




Leela & Sharma (2000) alcançaram produção similar, 14-16 g/L, utilizando 10% de inóculo e partindo de uma concentração de 20 g/L de glicose. Esgalhado, Roseiro e Collaço (1995) obtiveram resultados semelhantes ao usar X. campestris NRRL B-1459, com uma produção de goma xantana de 17,7 g/L e uma concentração de biomassa de 3,2 g/L após fermentação em shaker orbital a 200 rpm, partindo de 30 g/L de glicose, assim como Casas, Santos e García-Ochoa (2000), que, com uma concentração de 40 g/L de sacarose, 28ºC e 500 rpm, obtiveram 17 g/L de goma xantana.

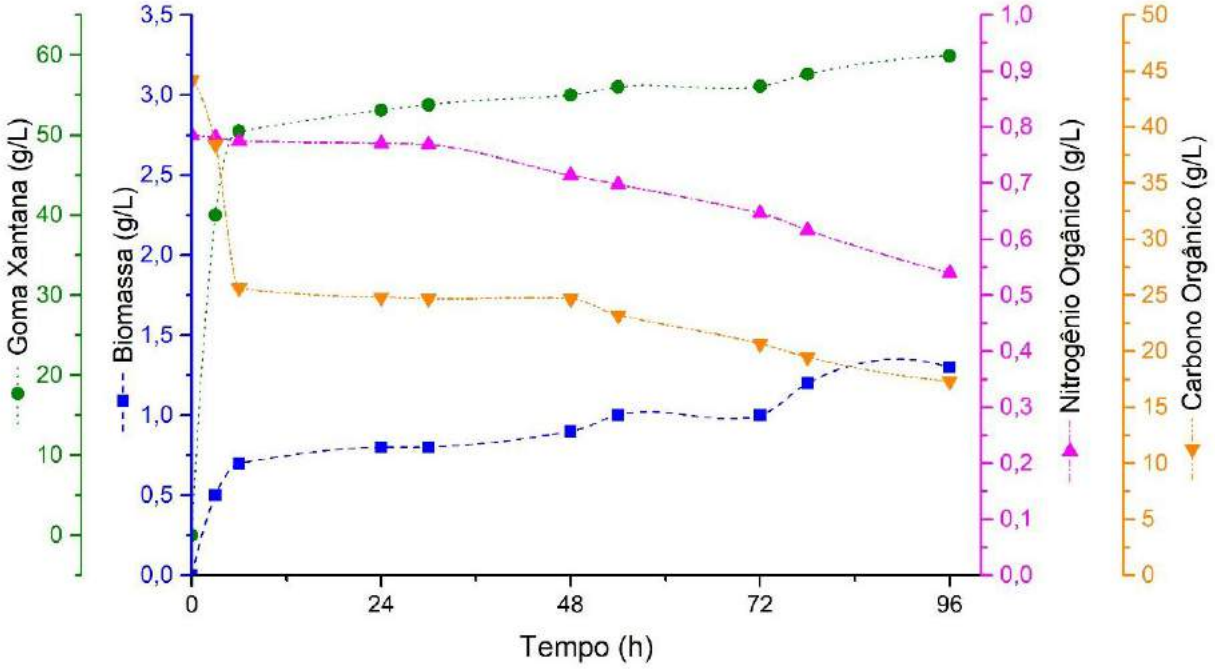
Já Mirik et al. (2011), ao usarem o mesmo micro-organismo (*X. campestris* NRRL B-1459), mas em condições diferenciadas (30ºC, 250 rpm, concentração inicial de glicose de 40 g/L) obtiveram uma produção máxima de 14,8 g/L de goma xantana.

O uso de fontes alternativas de carbono (subprodutos) tende a aumentar a produção de goma xantana, como pode ser observado em diversos trabalhos. Tal fato possivelmente ocorre pelos resíduos industriais terem, além de açúcares, diversos minerais necessários para a manutenção celular. O uso de 175 g/L de xarope de beterraba permitiu Kalogiannis et al. (2003) produzirem 53 g/L de goma xantana em 24 horas ao fermentar X. *campestris* ATTC 1395 a 28°C e 200 rpm. Mesomo et al. (2009), utilizando soro de leite obtido a partir da produção de queijo, obteve uma produção de goma xantana de 36 g/L, ao fermentar *X. campestris* pv mangiferaeindicae IBSBF 1230 a 28°C e 390 rpm. A partir de 84,68 g/L de suco de tâmara (padronizado em 20° Brix), Salah et al. (2010) atingiram produção de 43,35 g/L de goma xantana, com fermentação em 30,1°C e 180 rpm.

### 3.2 Produção de goma xantana com *Xanthomonas campestris* imobilizada

A Figura 2 apresenta os resultados da produção de goma xantana a partir do micro-organismo imobilizado. Pode-se observar que a imobilização de *X. campestris in situ* em poliuretano foi positiva para a produção de goma xantana, atingindo sua fase estacionária de produção em 24 horas. A produção máxima obtida foi de 59,9, resultando em um aumento de 274% de produção de goma em relação à fermentação com o micro-organismo livre. O consumo de substrato se deu de forma mais lenta, onde 13,06% do carbono disponível foi utilizado pelas células nas primeiras três horas. Passadas 96 horas, 60,78% do carbono foi consumido. Em relação ao nitrogênio, o consumo deste foi de 31,3% após 96 horas.

Figura 2. Produção de goma xantana com *Xanthomonas campestris* imobilizada em poliuretano.




Um aumento de eficiência também foi visualizado por Nie et al. (2016), que imobilizaram *Pseudomonas aeruginosa* NY3 em poliuretano a fim de remover hidrocarbonetos de efluente com alta concentração de óleo. Essa melhoria de rendimento possivelmente se deve às ótimas características do poliuretano como um suporte, como suas excelentes propriedades mecânicas, porosidade, resistência aos solventes orgânicos e grande área exposta. Além disso, as características hidrofóbicas do poliuretano permitem uma interação forte com a maioria das células microbianas, fazendo com que a espuma de poliuretano seja um material apropriado para a imobilização de micro-organismos (NIE et al., 2016). Ainda, a imobilização altera as propriedades físico-químicas do microambiente, o que inclui as cargas iônicas, atividade de água, tensão superficial e pressão osmótica (PATIL et al., 2006).

Ao imobilizar *Ganoderma lucidum* em poliuretano visando produção de exopolissacarídeos, Wan-Mohtar et al. (2016) similarmente obtiveram elevada produção, justificando através da redução das limitações de transferência de massa, que possibilitou maior acesso ao substrato por parte das células. Niknezhad et al. (2016), ao imobilizar *X. campestris* em esferas de alginato de cálcio com álcool polivinílico, obteve um aumento de 17% em relação a produção de goma xantana com o micro-organismo livre fermentado em glicose. A melhoria relativamente menor é explicada por Patil et al. (2006), que traz que, devido a porosidade e força mecânica, as células imobilizadas em espuma de poliuretano tem mais estabilidade e atividade microbiana do que as imobilizadas em alginato.

Também é visível através da Figura 1 que a quantificação de células que se difundiram do poliuretano para o meio apresentou um valor crescente durante as 96 horas de fermentação. É possível que esse valor represente as células resultantes da duplicação celular, pois a imobilização não impede a reprodução do micro-organismo, e as células difundidas continuam metabolicamente ativas (ALONSO; RENDUELES; DÍAZ, 2015). Diversos fatores influenciam a adesão dos micro-organismos na matriz, tais como a idade e o estado fisiológico das células. Além disso, as estruturas superficiais, como flagelos e outros apêndices, as cargas e a hidrofobicidade também têm um papel importante na aderência das células em superfícies sólidas.

## 4. CONCLUSÃO

O emprego do micro-organismo imobilizado apresentou um aumento de 274% na produção de goma xantana em relação ao micro-organismos livre. A utilização da estratégia de imobilização de *X. campestris* para produção de goma xantana mostrou-se efetiva ao manter inalteradas as características físicas do poliuretano e possibilitando uma distribuição uniforme de células na matriz polimérica.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a URI Erechim.

## 6. REFERÊNCIAS

ALONSO, S.; RENDUELES, M.; DÍAZ, M. A novel approach to monitor stress-induced physiological responses in immobilized microorganisms. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 99, n. 8, p. 3573–3583, 2015.

BCC Research. Xanthan Gum: Applications and Global Markets. Agosto de 2017. Disponível em <https://www.bccresearch.com/market-research/advanced-materials/xanthan-gum-global-markets-report-avm149a.html>.

CASAS, J. A.; SANTOS, V. E.; GARCÍA-OCHOA, F. Xanthan gum production under several operational conditions: Molecular structure and rheological properties. Enzyme and Microbial Technology, v. 26, n. 2–4, p. 282–291, 2000.

ESGALHADO, M. E.; ROSEIRO, J. C.; COLLAÇO, M. T. A. Interactive Effects of pH and Temperature on Cell Growth and Polymer Production by *Xanthomonas campestris*. Process Biochemistry, v. 30, n. 7, p. 667–671, 1995.

FRONT RESEARCH. Competition in Global Xanthan gum Market to Grow in the Years to Come. Front Research, 01 Janeiro 2016. Disponivel em: <http://www.frontresearch.com/news/competition-in-global-xanthan-gum-market-to-grow-in-the-years-to-come/>. Acesso em: 21 Março 2017.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: Production, recovery, and properties. Biotechnology Advances, v. 18, n. 7, p. 549–579, 2000.

GENG, Z.; YU, Y.; ZHU, S.; YU, H.; LIU, J.; BIAN, D.; YANG, X.; HUO, H.; HUO, M. Comparing polyethersulfone and polyurethane-immobilized cells of *Comamonas testosteroni* QYY in treatment of an accidental dye wastewater. Chemical Research in Chinese Universities, v. 33, n. 1, p. 36–43, 2017.

HABIBI H, KHOSRAVI-DARANI K. Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. Biocatal Agric Biotechnol 2017:10; 130–140.

KALOGIANNIS, S.; IAKOVIDOU, G.; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M.; KYRIAKIDIS, D. A.; SKARACIS, G. N. Optimization of xanthan gum production by *Xanthomonas campestris* grown in molasses. Process Biochemistry, v. 39, n. 2, p. 249–256, 2003.

KOSSEVA, M. R. Immobilization of Microbial Cells in Food Fermentation Processes. Food and Bioprocess Technology, v. 4, n. 6, p. 1089–1118, 2011.

LEELA, J. K.; SHARMA, G. Studies on xanthan production from *Xanthomonas campestris*. Bioprocess Engineering, v. 23, n. 6, p. 687–689, 2000.

LI, P.; LI, T.; ZENG, Y.; LI, X.; JIANG, X.; WANG, Y.; XIE, T.; ZHANG, Y. Biosynthesis of xanthan gum by *Xanthomonas campestris* LRELP-1 using kitchen waste as the sole substrate. Carbohydrate Polymers, v. 151, p. 684–691, 2016.

MESOMO, M.; SILVA, M. F.; BONI, G.; PADILHA, F. F.; MAZUTTI, M.; MOSSI, A.; DE OLIVEIRA, D.; CANSIAN, R. L.; DI LUCCIO, M.; TREICHEL, H. Xanthan gum produced by *Xanthomonas campestris* from cheese whey: Production optimisation and rheological characterisation. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 89, n. 14, p. 2440–2445, 2009.

MIRIK, M.; DEMIRCI, A. S.; GUMUS, T.; ARICI, M. Xanthan gum production under different operational conditions by *Xanthomonas axonopodis* pv vesicatoria isolated from pepper plant. Food Science and Biotechnology, v. 20, n. 5, p. 1243–1247, 2011.

NIE, M.; NIE, H.; HE, M.; LIN, Y.; WANG, L.; JIN, P.; ZHANG, S. Y. Immobilization of biofilms of *Pseudomonas aeruginosa* NY3 and their application in the removal of hydrocarbons from highly concentrated oil-containing wastewater on the laboratory scale. Journal of Environmental Management, v. 173, p. 34–40, 2016.

NIKNEZHAD, S. V.; ASADOLLAHI, M. A.; ZAMANI, A.; BIRIA, D. Production of xanthan gum by free and immobilized cells of *Xanthomonas campestris* and *Xanthomonas pelargonii*. International Journal of Biological Macromolecules, v. 82, p. 751–756, 2016.

NYARI, N. L. D.; FERNANDES, I. A.; BUSTAMANTE-VARGAS, C. E.; STEFFENS, C.; DE OLIVEIRA, D.; ZENI, J.; RIGO, E.; DALLAGO, R. M. In situ immobilization of *Candida antarctica* B lipase in polyurethane foam support. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 124, p. 52–61, 2016.

PATIL, N. K.; VEERANAGOUDA, Y.; VIJAYKUMAR, M. H.; ANAND NAYAK, S.; KAREGOUDAR, T. B. Enhanced and potential degradation of o-phthalate by Bacillus sp. immobilized cells in alginate and polyurethane. International Biodeterioration and Biodegradation, v. 57, n. 2, p. 82–87, 2006.

ROTTAVA, I.; BATESINI, G.; SILVA, M. F.; LERIN, L.; DE OLIVEIRA, D.; PADILHA, F. F.; TONIAZZO, G.; MOSSI, A.; CANSIAN, R. L.; DI LUCCIO, M.; TREICHEL, H. Xanthan gum production and rheological behavior using different strains of *Xanthomonas* sp. Carbohydrate Polymers, v. 77, n. 1, p. 65–71, 2009.

SALAH, R.; CHAARI, K.; BESBES, S.; KTARI, N.; BLECKER, C.; DEROANNE, C.; ATTIA, H. Optimisation of xanthan gum production by palm date (Phoenix dactylifera L.) juice by-products using response surface methodology. Food Chemistry, v. 121, n. 2, p. 627–633, 2010.

SILVA, M. F.; FORNARI, R. C. G.; MAZUTTI, M. A.; DE OLIVEIRA, D.; PADILHA, F. F.; CICHOSKI, A. J.; CANSIAN, R. L.; DI LUCCIO, M.; TREICHEL, H. Production and characterization of xantham gum by *Xanthomonas campestris* using cheese whey as sole carbon source. Journal of Food Engineering, v. 90, n. 1, p. 119–123, 2009.

SUBHASH, M.; JADHAV, A. S.; JANA, S.; MOHANRAJ, G. T. Microbial production of Green polymer Xanthan Gum from Xanthomonas Campestris. v. 6, n. 8, p. 1045–1052, 2015.

WAN-MOHTAR, W. A. A. Q. I.; ABD MALEK, R.; HARVEY, L. M.; MCNEIL, B. Exopolysaccharide production by *Ganoderma lucidum* immobilised on polyurethane foam in a repeated-batch fermentation. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v. 8, p. 24–31, 2016.

ZHANG ZG. and CHEN HZ. Xanthan production on polyurethane foam and its enhancement by air pressure pulsation. Appl Biochem Biotechnol 2010:162(8); 2244–2258.

ZION MARKET RESEARCH. Xanthan Gum Market for Oil and Gas, Food and Beverage, Pharmaceutical, Cosmetics, and Other Applications - Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis, Size, Share, Growth, Segment, Trends and Forecast, 2015 – 2021. 01 de Novembro de 2016. Disponível em <https://www.zionmarketresearch.com/report/xanthan-gum-market>. Acesso em 21 de Março de 2017.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DO DIÂMETRO DE PARTÍCULAS DE MILHO E FARELO DE SOJA MOÍDOS USADOS NA FABRICAÇÃO DE RAÇÃO SUÍNA

**Jaqueline Trindade dos Santos Todescatt**
**Clarice Steffens**
**Juliana Steffens**
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: jaqueline.todescatt@hotmail.com, clarices@uricer.edu.br, julisteffens@uricer.edu.br.

***Resumo.*** *Entre os ingredientes utilizados nas rações para suínos, o milho e o farelo de soja representam a maior porcentagem, 70% e 20% respectivamente. A determinação do tamanho das partículas do farelo de soja e do milho moídos são de suma importância para o controle de qualidade da ração, pois influencia diretamente da qualidade física da ração e na digestibilidade da mesma. O objetivo deste trabalho foi a determinação do tamanho de partículas e forma física do farelo de soja e milho moídos usados na elaboração de ração suína. O Diâmetro médio de Sauter apresentou variações do farelo de soja moído menores quando comparadas ao milho. Nos modelos de distribuição granulométrica Rosin, Rammler e Bennet e Gates, Gaudin e Schumann para o milho e farelo de soja moídos apresentaram uma melhor distribuição granulométrica quando usado o modelo Rosin, Rammler e Bennet. Na análise do Diâmetro geométrico médio as amostras de milho e farelo de soja moídos apresentam uma pequena variação fora do padrão. Na distribuição de frequência é possível observar que o farelo de soja e o milho moídos apresentaram uma distribuição de frequência homogênea. Constatou-se que as partículas do milho moído são disformes se comparadas ao farelo de soja.*

***Palavras chave:*** *ingredientes, distribuição de frequência, distribuição granulométrica, qualidade, variação.*

## 1.r INTRODUÇÃO

A utilização de proteínas vegetais depende de sua composição química e das propriedades dos constituintes. Nesse sentido, a soja (Glycine max (L.) Merrill), e o milho, particularmente, são valiosas fontes de proteínas, uma vez que sua fração proteica tem alto valor biológico, enquanto seu custo é relativamente baixo. Estas matérias-primas são amplamente empregadas na ração animal, onde da soja geralmente é usado o farelo e o milho integral na forma de grão (Brustolini *et al.*, 2015).

O processamento das rações é uma importante ferramenta para otimizar o uso dos ingredientes, onde objetiva-se com o processamento modificar as características físicas e nutricionais da ração afim de melhorar a sua eficiência de utilização pelos animais e suas características de transporte e armazenamento (Stenzel *et al.*, 2009). Brustolini *et al.* (2015) afirma que a moagem visa reduzir o tamanho da partícula da ração e manter a sua uniformidade, portanto uma maior superfície de contato do ingrediente, o que facilita sua mistura e a utilização pelo animal através da maior exposição dos alimentos às enzimas digestivas, proporcionando maior digestibilidade dos nutrientes. Quando o tamanho de partícula da ração é reduzido na moagem pode-se melhorar as características adesivas dos ingredientes que serão submetidos aos processamentos térmicos.

No entanto, quanto menor o tamanho de partícula maiores gastos de energia elétrica para a elaboração da ração, aumentando os custos de produção da mesma. Além disto, a redução no tamanho de partículas em dietas de animais pode causar problemas de ulcerações na região gástrica e esofágica, acarretando em perda de desempenho e até a morte (Brustolini *et al.*, 2015).

Ainda de acordo com Leandro *et al.* (2001) é necessário identificar o tamanho de partícula e/ou forma física da dieta que proporcione uma boa aceitação pelos animais, e que apresente a melhor digestibilidade dos nutrientes, além de produzir o máximo de desempenho animal preservando a saúde do mesmo. Além disto, de acordo com Amerah *et al.* (2008) alimentos diferentes, passados em uma mesma peneira de um moinho para moagem podem ter distribuição de tamanho de partículas diferentes. Dentre os métodos de determinação granulométrica, ou tamanho de partículas, o peneiramento é o mais amplamente utilizado, onde é estudado o comportamento de um conjunto de partículas de diferentes tamanhos tendo como referência uma série de aberturas padronizadas, nas quais uma determinada classe de tamanho passa ou fica retida (Jordan *et al.,* 2016).

A empresa X, localizada no norte do Rio Grande do Sul, produz cerca de 15 mil toneladas de ração para suínos mensalmente. A determinação do tamanho das partículas do farelo de soja e do milho após a moagem são de suma importância para o controle de qualidade da ração pois ela influencia diretamente da qualidade do pellet (pequena partícula obtida a partir da compressão do original / granulado) e também da digestibilidade da ração.

Nesse sentido, a determinação do tamanho de partículas e forma física do farelo de soja e de milho moído na elaboração de ração para suínos, são foco do presente trabalho.

## 2.r MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de milho e farelo de soja moídos diretamente no moinho de uma fábrica de rações localizada no Norte do Rio Grande do Sul. Os moinhos utilizados na moagem eram do tipo de martelos. Para a moagem de farelo de soja foi utilizado uma peneira de aço inox de abertura de 2 mm e para moagem do milho foi utilizado uma peneira de abertura 3 mm.

Foi coletada 1 amostra por semana nos meses de janeiro e fevereiro de 2018, tanto para milho moído como para farelo de soja, totalizando 8 amostras para cada um.

Foram coletadas 500g de cada amostra moída (milho e farelo de soja) e homogeneizadas em embalagem plástica. Posteriormente foi retirada uma alíquota de 100g de amostra e colocada em um agitador de peneiras padronizado, deixando sob agitação, por 10 min. Em seguida as quantidades retidas em cada peneira foram pesadas em balança analítica e seus valores anotados. Os mesh das peneiras usadas foram: 5, 10, 16, 30, 50 e 100. O diâmetro médio das partículas retidas em cada peneira foram obtidos pela somatória da abertura da peneira superior com a inferior dividido por 2.

O diâmetro médio das partículas foi obtido pelo método de Sauter (dps). Para obtenção da distribuição de frequência das amostras, foram obtidas as percentagens de partículas que ficaram retidas em cada peneira. Para obtenção dos modelos de distribuição Rosin-Ramber-Bennet (RRB) e Gates-Gaudin-Shaumann (GGS) foi utilizado o Programa Excel da Microsoft. O cálculo de DGM (diâmetro geométrico médio) e DPG (desvio padrão geométrico) foi realizado por meio do aplicativo Softgran.

Após a moagem, e após separação por peneiras, as partículas foram submetidas a análise visual de formato, utilizando câmera digital Sony DSC-W830 para registro das imagens.

## 3.r RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1r Diâmetro médio de Sauter (Dps)

As Tab. 1 e 2 apresentam a abertura das peneiras, o diâmetro médio das peneiras e a massa retida em cada uma delas nos oito ensaios realizados para o milho e o farelo de soja moídos.

Pode-se verificar nas Tab. 1 e 2, que tanto para o milho moído como para o farelo de soja moído em todos os ensaios, que a maior fração de retidos foi entre os diâmetros de 450 e 900 µm, ou seja entre as peneiras de 30 e 50 mesh. No entanto, no farelo de soja moído apresentou mais % da massa retida na peneira de 30 mesh, indicando, portanto que a maioria das partículas possuía tamanhos maiores de 900 µm. Enquanto que no milho moído as partículas ficaram mais distribuídas nas peneiras. Esta diferença é devido as características da matéria prima antes de ser moída, formato, dureza, umidade, etc.

Tabela 1. Massa retida em cada peneira para os ensaios de milho moído.

| Peneira (mesh) | di (µm) | Ensaios | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) |
| (-5+10) | 3000 | 2,12 | 2,14 | 2,18 | 1,95 | 3,40 | 2,34 | 2,56 | 1,72 |
| (-10+16) | 1600 | 11,03 | 11,28 | 10,93 | 12,83 | 16,19 | 12,89 | 11,69 | 12,99 |
| (-16+30) | 900 | 33,63 | 32,68 | 32,18 | 31,78 | 33,66 | 31,5 | 32,15 | 30,70 |
| (-30+50) | 450 | 24,8 | 22,71 | 23,69 | 23,92 | 22,07 | 24,24 | 23,56 | 24,14 |
| (-50+100) | 225 | 13,02 | 16,69 | 16,76 | 14,20 | 13,89 | 13,8 | 16,80 | 12,05 |
| (-100) | 150 | 15,40 | 14,50 | 14,26 | 15,32 | 10,79 | 15,23 | 13,24 | 18,40 |
| - | *(fundo)* | - | - | - | - | - | - | - | - |

*di é o diâmetro médio da abertura das peneiras.

Tabela 2. Massa retida em cada peneira para os ensaios de farelo de soja moído.

| Peneira (mesh) | di (µm) | Ensaios | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) | Massa Retida (g) |
| (-5+10) | 3000 | 0,58 | 0,49 | 0,45 | 0,48 | 0,48 | 0,29 | 0,33 | 0,33 |
| (-10+16) | 1600 | 3,19 | 2,95 | 2,47 | 2,93 | 2,66 | 3,32 | 1,81 | 2,85 |
| (-16+30) | 900 | 58,75 | 56,75 | 58,23 | 57,83 | 56,15 | 61,20 | 58,53 | 57,33 |
| (-30+50) | 450 | 26,63 | 28,58 | 27,17 | 26,52 | 27,65 | 26,12 | 26,99 | 27,36 |
| (-50+100) | 225 | 6,79 | 5,53 | 6,88 | 7,29 | 7,36 | 6,32 | 7,44 | 7,97 |
| (-100) | 150 | 4,06 | 5,70 | 4,80 | 4,95 | 5,70 | 2,75 | 4,90 | 4,16 |
| - | *(fundo)* | - | - | - | - | - | - | - | - |

*di é o diâmetro médio da abertura das peneiras.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os resultados do diâmetro médio de Sauter para o milho e farelo de soja moídos, respectivamente. Comparando os resultados dos dois gráficos pode-se observar que há uma variação muito pequena nos resultados, em torno de 4% para mais ou para menos. Essa pequena diferença se deve ao fato que o milho e o farelo de soja seguem um padrão de moagem, pré-estabelecida pela empresa, onde os mesmos possuem granulometrias finais muito parecidas.

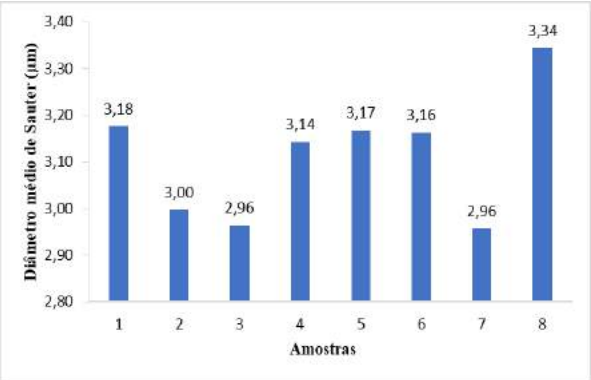



Figura 1. Dps para as amostras de milho moído

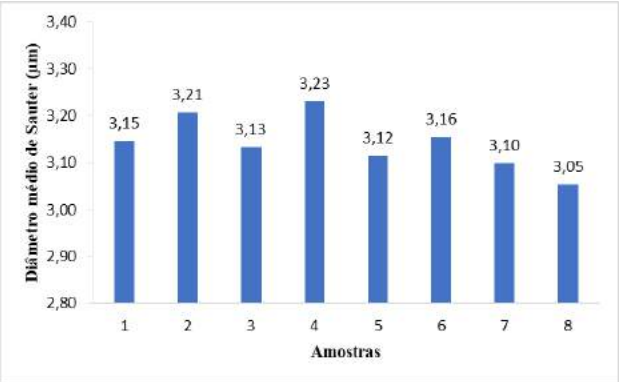



Figura 2. Dps para as amostras de farelo de soja moídos

Observa-se que os diâmetros médios de Sauter do milho variaram entre 2,96 e 3,34. Estas variações podem ser devido ás características do milho antes da moagem. Como as coletas das amostras foram realizadas em dias diferentes, as amostras foram diferentes, bem como a matéria prima (milho), que pode apresentar tamanho, forma, umidade e dureza diferente, promovendo características diferentes na moagem, e consequentemente no peneiramento, causando variações no diâmetro.

Em relação ao diâmetro médio de Sauter para o farelo de soja, observou-se variações entre 3,05 a 3,23. As variações foram menores quando comparadas ao milho. Isto pode ser devido a soja apresentar características mais homogêneas dos grãos.

### 3.2r Distribuição de Frequência

As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados de distribuição de frequência em relação ao diâmetro das partículas, para o milho e farelo de soja moídos, respectivamente, para as 8 amostras coletadas.

Sabendo que a distribuição de frequência é a relação entre fração de amostra retida nas peneiras com o diâmetro médio, nas figuras 3 e 4 é visível a similaridade dos 8 ensaios realizados.

Pode-se verificar que tanto para o milho como para o farelo moído, as 8 amostras apresentaram o mesmo comportamento. No entanto, a soja moída apresentou uma distribuição de frequência das amostras mais homogênea para todas as amostras, onde elas praticamente aparecem sobrepostas, indicando que as amostras apresentam tamanhos parecidos após o peneiramento.

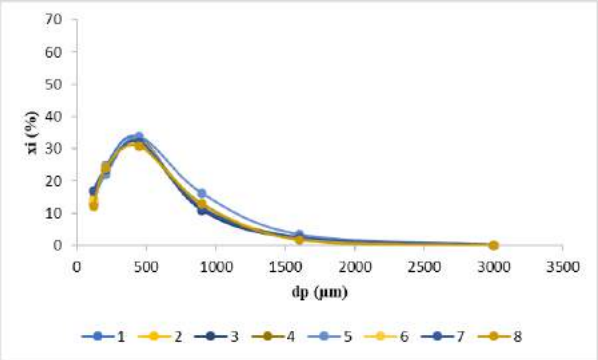



Figura 3. Distribuição de frequência para o milho moído

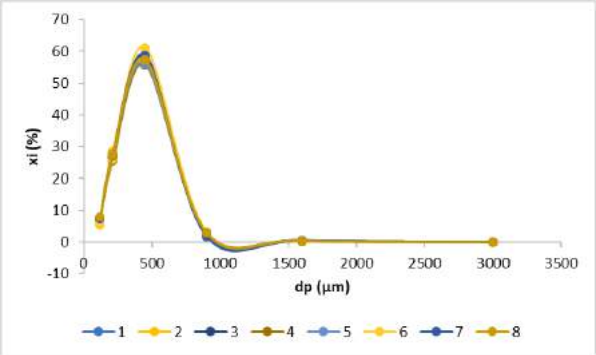



Figura 4. Distribuição de frequência para o farelo de soja

Também é possível observar que em torno de 32% das partículas do milho moído possuem diâmetro em torno de 490 µm. Já para o farelo de soja, em torno de 58% das partículas possuem diâmetro em torno de 490 µm. Isto indica que o farelo de soja possui mais partículas com este diâmetro médio, comparada ao milho moído, isto é devido as características físicas de cada produto antes da moagem, o que proporciona durante a moagem características de partículas diferentes após a própria moagem e no peneiramento, principalmente relacionadas ao formato das partículas.

### 3.3 Modelos de distribuição Rosin-Ramber-Bennet (RRB) e Gates-Gaudin-Shaumann (GGS)

As Figuras 5 e 6 apresentam os modelos de distribuição GGS e RRB, respectivamente, para o farelo de soja moído e as Figuras 7 e 8 representam os mesmos modelos citados para o milho moído. O valor de $R^2$ significa o quanto o modelo aplicado é mais preciso, quanto mais próximo de 1, mais preciso será o modelo, ou seja, que o modelo representa melhor os dados experimentais.

Pode-se verificar para o farelo de soja moído que o $R^2$ para ambas as amostras para o modelo GGS foram próximos a 0,88 (Figura 5). No entanto, para o modelo RRB o $R^2$ foi próximo a 0,98 (Figura 6), para ambas amostras. Portanto, o modelo que mais representou os dados experimentais foi o RRB.

Em relação ao milho moído, os $R^2$ variaram de 0,89 a 0,92 para o modelo GGS. Já para o modelo RRB foram próximos a 0,99 para ambas as amostras, indicando que este modelo representou melhor os dados experimentais do milho moído. Portanto, para ambos milho e farelo de soja moídos o modelo que melhor descreveu a distribuição granulométrica foi o RRB.

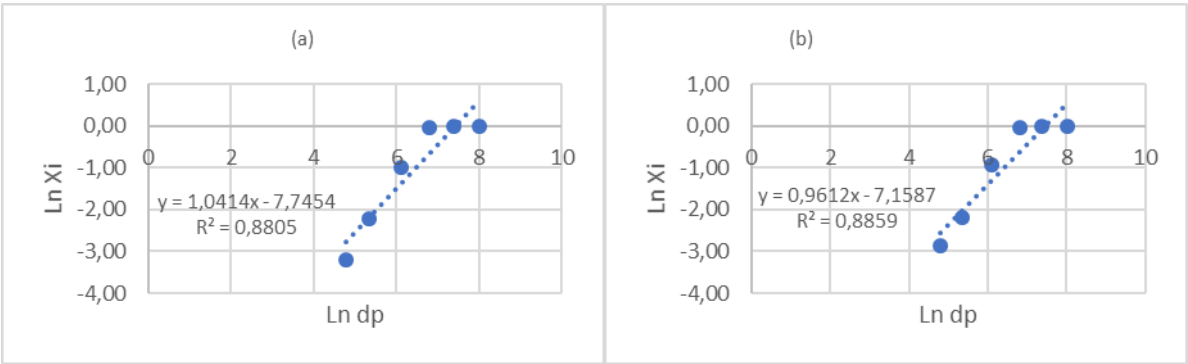



Figura 5. Modelo de distribuição GGS para as amostras: 1 (a) e 2 (b) para o farelo de soja moído.

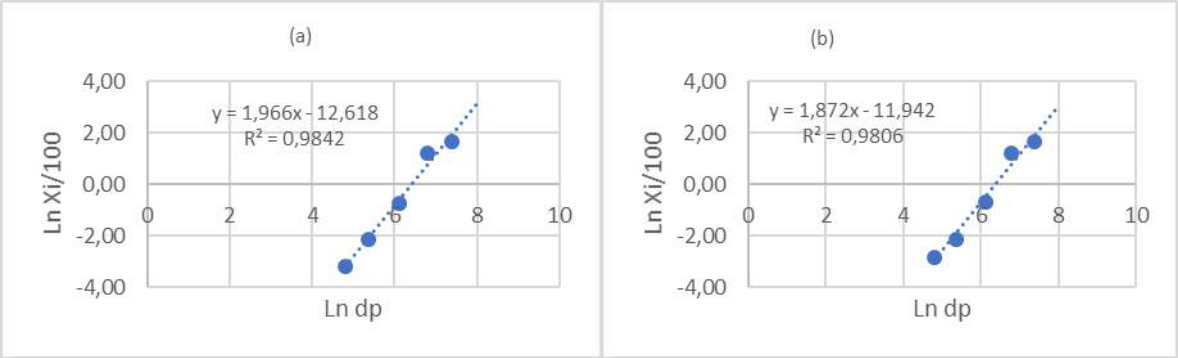



Figura 6. Modelo de distribuição RRB para as amostras: 1 (a) e 2 (b) para o farelo de soja moído.

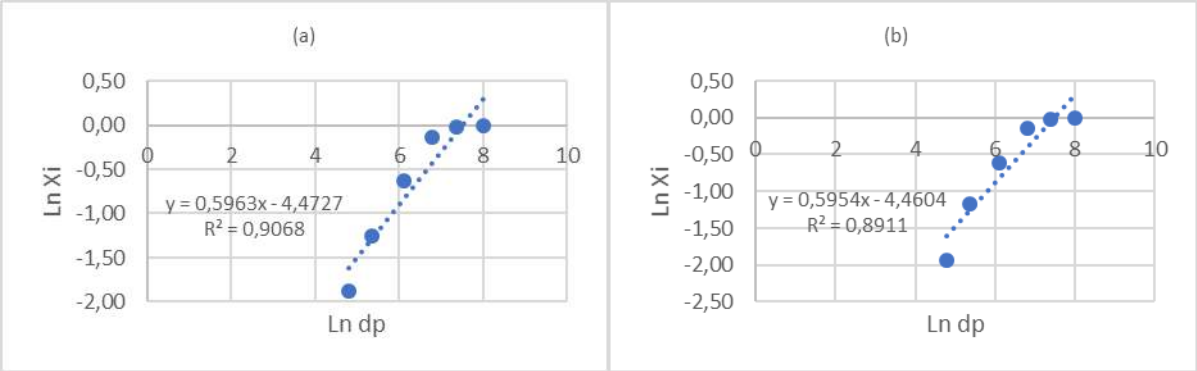



Figura 7. Modelo de distribuição GGS para as amostras: 1 (a) e 2 (b) para o milho moído.

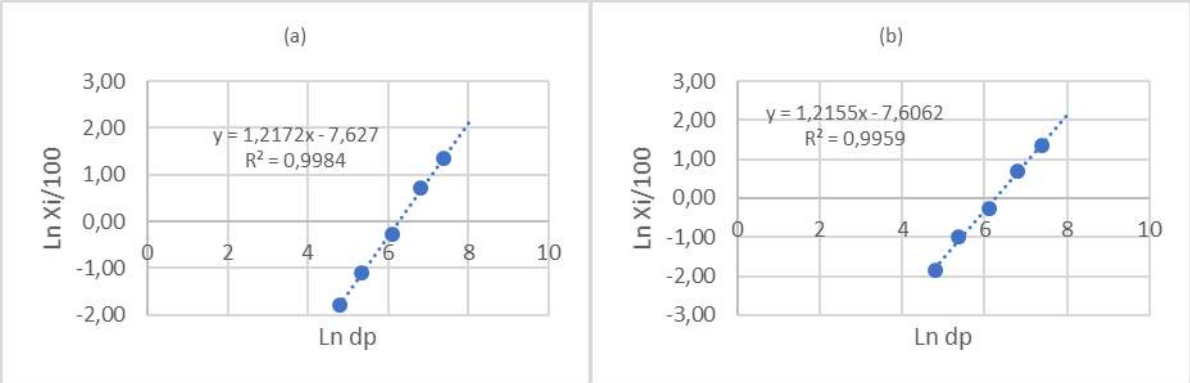



Figura 8. Modelo de distribuição RRB para as amostras: 1 (a) e 2 (b) para o milho moído.

### 3.4rDiâmetro geométrico médio (DGM)

A Figura 09 e a Figura 10 representam os resultados do DGM para o milho moído e para o farelo de soja respectivamente.

O DGM representa um importante indicador dentro da fábrica de rações, pois influencia diretamente na qualidade física e nutricional da ração podendo causar úlceras e até a morte do suíno devido ao não cumprimento do DGM padrão que é entre 450 e 600 µm de acordo com Zanotto et al (1995).

Foi possível observar que os resultados de DGM variaram de 454 a 543 µm, indicando que há variações entre as amostras. No entanto, o DGM para milho moído está dentro do padrão estabelecido pela empresa que é de 450 à 550 µm. Pode-se observar que os resultados de DGM variaram de 598 a 682 µm, indicando que há variações entre as amostras. Entretanto, o DGM para o farelo de soja moído possui alguns resultados fora do padrão estabelecido pela empresa que é de 500 à 650 µm e isso provavelmente se deve ao fato que a peneira estava mal colocada dentro do moinho ou que a peneira possuía algum furo.

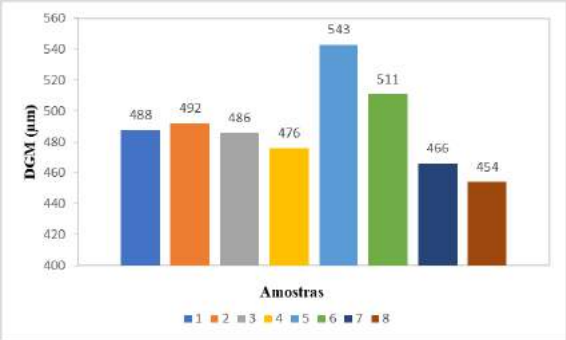



Figura 9. DGM milho moído

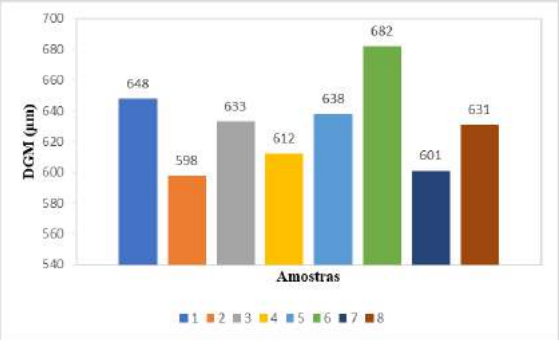



Figura 10. DGM farelo de soja moído

### 3.5 Formato das partículas

As Figuras 11 e 12, mostram imagens do milho e do farelo de soja moídos, respectivamente, obtidos das peneiras de abertura 4000, 2000 e 1200 µm. Observando as imagens das partículas do milho moído é possível verificar que as partículas não seguem um padrão de formato, são visivelmente disformes. No entanto, as partículas de farelo de soja moído são mais arredondadas, sendo visivelmente mais uniformes.

A dureza da matéria-prima está relacionada diretamente ao formato das partículas, pois um material mais rígido terá um formato mais pontiagudo e um material mais macio irá aderir o formato da peneira a que foi submetido, e essas características são notáveis ao observar as imagens das partículas de milho e farelo de soja moídos.

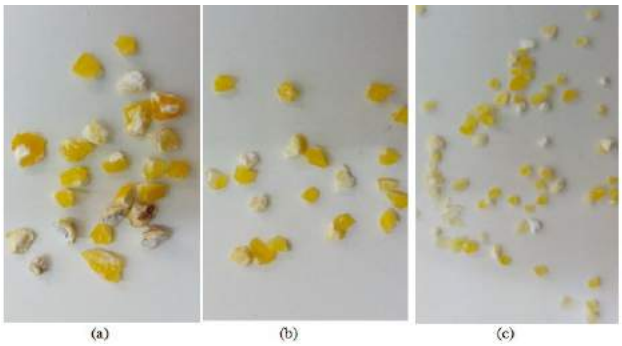



Figura 11. Imagens milho moído

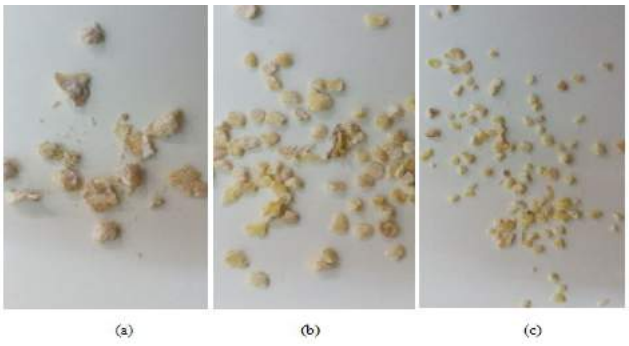



Figura 12. Imagens farelo de soja

## 4. CONCLUSÃO

Portanto, com este trabalho de acompanhamento de 2 meses de amostragem das amostras de milho e farelo de soja moídos, foi possível observar que a moagem das matérias-primas é uniforme, pois as análises de diâmetro e formato das partículas não apresentam uma diferença significativa. Dessa maneira é possível concluir que o objetivo de determinação do diâmetro de partículas de milho e farelo de soja moídos e do formato das mesmas foi atingido, visando melhorias para a empresa e agregando conhecimento à acadêmica.

## 5. REFERÊNCIAS

Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G., and Thomas, D.G., 2008a. "Influence of feed particle size on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters fed wheat - and corn - based diets". *Poultry Science*, Vol. 87, p. 2320-2328.

Brustolini, A.P.L., Batista, I.A.R., Eulálio, D.K., Fontes, D.O., and Formigoni, A.S., 2015a. "Tamanho da partícula e forma física da ração sobre as características de carcaça in vivo de suínos". In: *XVII Congresso Abraves*. p. 209-211.

Jordan, R.A., Junior, R.B., Cortez, L.A.B. and Motomiya, A.V.A., 2016a. "Caracterização granulométrica de biomassa polidispersa pelo método de peneiramento mecânico". *Eng. Agríc., Jaboticabal*, Vol.36, n.1, p.102-113, jan./fev.

Leandro, N.S.M., Stringhini, J.H., Café, A.B., Orsine, G.F., and Rocha, A.C., 2001a. "Efeito da Granulometria do Milho e do Farelo de Soja sobre o Desempenho de Codornas Japonesas". *Rev. bras. zootec*., Vol. 30(4):1266-1271.

Stenzel, M., Girata, A.K., Pereira, N.C., Zanin, G.M., and Lima, O.C.M., 2009a. "Influência do tamanho das partículas na solubilização enzimática da proteína do farelo de soja". *Acta Scientiarum. Technology*. Maringá, Vol. 31, n. 2, p. 195-200.

Zanotto, D.L., Nicolaiewsky, S., Ferreira, A.S., Guidoni, A.L., and Lima, G.J.M.M., 1995b. "Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação". *R Soc Bras Zootec*, Vol.24, n.3, p.428-436.

## 6.r AVISO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRODUÇÃO DE DOCE DE LEITE COM ADIÇÃO DE AMIDO EM UM EVAPORADOR DE SIMPLES EFEITO

**Jaqueline Trindade Dos Santos Todescatt**
**Andressa Arboit Fritzen**
**Elisiane Galvagni**
**Mateus Baptista Nunes**
**Rosicler Colet**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Jamile Zeni**
**Juliana Steffens**
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: jaqueline.todescatt@hotmail.com, andressaarboit@hotmail.com, lisigalvagni@hotmail.com, mateus.baptistanunes@gmail.com ,rosicler.colet@yahoo.com.br, ilizandrafernandes@yahoo.com.br, jamilezeni@uricer.edu.br, julisteffens@uricer.com.br

***Resumo:*** *Tecnologicamente, o doce de leite se enquadra entre os produtos de leite conservados por evaporação e adição de açúcar, de modo que, em função da alta pressão osmótica criada, pode ser conservado em temperatura ambiente. Desse modo o presente trabalho teve como objetivo produzir doce de leite com adição de amido em um evaporador de simples efeito e verificar a eficiência do sistema. Para a produção do doce de leite foi utilizado leite integral, pasteurizado, a partir dele foi elaborado o doce de leite com adição de amido, sendo realizadas análises de caracterização físico química como: temperatura, pH, umidade, viscosidade, teor de açúcar (ºBrix), acidez titulável e parâmetros de cor, onde analisaram-se o leite "in natura" e em doce de leite já finalizado. Os resultados analisados mostraram que para os valores de pH onde in natura foi de 6,8 e o doce de leite 6,0 não obteve uma variação. Já a coloração obteve diferença pro leite in natural L* 36,51 a* -1,19 e o b* 2,81 doce de leite respectivamente obteve L* 33,8 a*-0,36 b* 12,46 devido a reação de Maillard que ocorreu durante o cozimento, para os valores de umidade teve uma diminuição significativamente de 79,3% para 6,5 %. Já em relação a viscosidade se observou uma grande mudança do leite "in natura" que foi de 0,02 cp para 11 cp doce de leite. Ao avaliar a eficiência a processo obteve uma eficiência de 3,6 % e rendimento de 2,9 litros. Assim demostrando uma baixa eficiência do processo de evaporação pela baixa quantidade de leite in natura utilizada.*

***Palavras chave: leite, doce de leite, amido, evaporador***

## 1.r INTRODUÇÃO

De acordo com a Portaria 354, de 04/09/97, doce de leite é um produto, com ou sem adição de outras substâncias alimentícias, obtido por concentração e ação do calor a pressão normal ou reduzida do leite ou leite reconstituído, com ou sem adição de sólidos de origem lácteas e/ou creme adicionado de sacarose (parcialmente substituída ou não por monossacarídeos e/ou outros dissacarídeos) (BRASIL *et al.*1997).

Tecnologicamente, o doce de leite se enquadra entre os produtos de leite conservados por evaporação e adição de açúcar, de modo que, em função da alta pressão osmótica criada, pode ser conservado em temperatura ambiente. Este apresenta consistência cremosa ou pastosa e homogênea, sem grumos, flocos ou bolhas, cor caramelo brilhante proveniente da reação de Maillard, aroma próprio e sabor característico (MADRONA *et al.* 2009).

O que determina o tipo de doce de leite é o tempo de processo, quanto maior for o tempo de cozimento do produto, maior será a concentração final de sólidos solúveis totais (ºBrix) sendo que o doce pastoso apresenta um valor de aproximadamente 70 ºBrix enquanto que o doce em barra de 86 a 88ºBrix ao final do processo (DEMIATE; KONKEL; PEDROSO *et al.*. 2001).

Como coadjuvante da tecnologia de fabricação é tolerado o emprego de amido na dosagem máxima de 2%. É tolerada a adição de aromatizantes naturais. É proibido adicionar ao doce de leite gorduras estranhas, geleificantes ou outras substâncias, embora inócuas exceto o bicarbonato de sódio em quantidade estritamente necessária para a redução parcial da acidez do leite (BRASIL *et al.*1978).

Para a obtenção do doce de leite são utilizados evaporadores que podem operar com vácuo e sem vácuo. O evaporador é constituído geralmente em aço inoxidável e revestido por uma camisa externa para entrada de vapor (PERRONE *et al.*2007). A fabricação do doce de leite consiste na evaporação contínua de água por meio da aplicação

indireta de vapor através dos equipamentos citados. A mistura entre leite, sacarose, aditivos e os demais ingredientes formará uma calda que será submetida à desidratação. Os agitadores mecânicos irão fazer com que esta mistura movimente-se durante todo o processo de fabricação, evitando que o produto queime e se deposite na parede do trocador de calor (PERRONE *et al.*2007). O término da produção do doce de leite ocorre pela determinação do teor de sólidos totais do produto (ºBrix).

Como na fabricação do doce de leite é empregado vapor para efetuar a evaporação, é importante a verificação da quantidade de vapor utilizada para remover a água para obtenção do produto, indicando a eficiência do processo.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi a elaboração de doce de leite em pasta com adição de amido utilizando um evaporador de simples efeito e verificar a eficiência do sistema. Para tanto caracterizou-se o leite e o doce de leite em relação a sólidos totais (ºBrix), acidez titulável, pH, temperatura, umidade, viscosidade e cor (L*, a* e b*), e do doce de leite foi obtido o rendimento.

## 2.r MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração do doce de leite foram utilizados leite integral pasteurizado, açúcar cristal, amido, bicarbonato de sódio e glucose, adquiridos no comercio local da cidade de Erechim/RS.

### 2.1 Processamento do doce de leite

A fabricação do doce de leite foi realizada na Usina Piloto de Frutas, Bebidas e Hortaliças da Universidade Regional Integrada Do Alto Uruguai E das Missões -Campus Erechim, onde foram utilizados 3 litros de leite integral sendo que desse volume foi retirado uma alíquota de 100 mL para que fosse possível realizar análises do leite *in natura*.

Primeiramente foi realizada a correção da acidez do leite (13°D) utilizando bicarbonato de sódio (0,81g). Em seguida adicionou-se o leite (2,9 L), açúcar cristal (725 g) e amido (2,9 g) em um evaporador de simples efeito para a elaboração do doce de leite. O evaporador era constituído de uma camisa de vapor, onde por meio de contanto indireto fornecia calor. O interior do mesmo era provido de um agitador mecânico para a homogeneização do produto, evitando a queima e aderência nas paredes do evaporador. No momento em que o doce de leite atingiu 57°Brix foi adicionado a glicose (5,8g), com a finalidade de proporcionar brilho ao produto. A determinação do ponto final da evaporação foi obtida por meio da medida do teor de sólidos totais (ºBrix) igual a 68°Brix. Posteriormente o doce de leite foi envasado em recipientes de vidro até o momento das análises. O tempo total para obtenção do doce de leite foi de 1 h e 30 min.

### 2.2 Caracterização físico-química

Do leite e do doce de leite foram realizadas análises de sólidos totais (ºBrix), acidez titulável, pH, temperatura, umidade, viscosidade, cor (L*, a* e b*) e rendimento.

Os sólidos totais (°Brix) foram determinados por meio de análise direta em refratômetro.

A acidez titulável foi determinada por titulação da amostra com hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic), em presença do indicador fenolftaleína, segundo método AOAC (2000).

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, segundo metodologia n° 4022 descrita pela AOAC (2005), utilizando-se pHmetro (Digimed DM-22), realizando-se leituras diretamente na amostra.

A temperatura foi medida diretamente no leite e no doce de leite utilizando um termômetro de mercúrio analógico.

A umidade foi determinada a partir do Medidor de Umidade ID-200, marca Marte Científica.

A viscosidade foi realizada utilizando um viscosímetro rotacional (Brookfield - PROGRAMMABLE DV-III + Rheometer).

Para a determinação de cor foi utilizado o colorímetro konicaminolta CM-5. Foram efetuadas leituras direta utilizando cerca de 10 mL de amostra acondicionada na própria cubeta do equipamento. Os parâmetros medidos foram L* (luminosidade, a* (eixo vermelho-verde) e b* (eixo amarelo-azul).

O rendimento foi realizado por meio da medida da quantidade de leite e açúcar inicial em relação ao doce de leite produzido.

### 2.3 Avaliação da eficiência do processo de concentração

Para avaliar a eficiência do processo de concentração por evaporação no evaporador de simples efeito foram determinados os parâmetros de quantidade de calor trocado, massa de vapor requerido, massa do produto final, massa de água evaporada para a eficiência do processo, de acordo com as Equações 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

$$Q=U.A.\Delta T \quad (1)$$

Onde:

$A=2.\pi.r^2$ ;

U:coeficiente global de troca de calor;
ΔT: variação de temperatura.

$$Ms(Hs-Hc)=Q \quad (2)$$

Onde:
Hs e Hc: tabelados;
Hs: entalpia do vapor de aquecimento;
Hc: entalpia do condensado.

$$Mf.Wf=Mp.Wp \quad (3)$$

$$Mf=Mv+Mp \quad (4)$$

$$Ev=Mv/Ms \quad (5)$$

Onde:
Wf: Concentração de alimentação;
Wp:Concentração de produto;
Mf: Produto que entra;
Mp: Produto que sai;
Mv= Massa de vapor que sai;

O diâmetro do evaporador de simples efeito foi medido com auxílio de uma régua, a pressão de vapor de entrada foi medida por meio de um manômentro e o peso do produto inicial e final obtidos por meio de balança analítica.

## 3.r RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Elaboração do doce de leite

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises de temperatura, teor de açúcar (°Brix), acidez titulável, pH, umidade, viscosidade e parâmetros de coloração, para o leite *in natura* e doce de leite.

Tabela 1 - Análises físico-químicas, de temperatura, teor de açúcar (°Brix), acidez titulável, pH, umidade, viscosidade e parâmetros de coloração

| **Análise** | **Leite *in natura*** | **Doce de Leite** |
|---|---|---|
| Temperatura(ºC) | 1,3 | 70 |
| Teor de açúcar (ºBrix) | 8,1 | 69 |
| Acidez titulável (ºD) | 16 | - |
| pH | 6,8 | 6 |
| Umidade (%) | 79,3 | 6,5 |
| Viscosidade(Cp) | 0,02 | 11 |
| Cor | | |
| L* | 36,51 | 33,8 |
| a* | -1,19 | -0,36 |
| b* | 2,81 | 12,46 |

Comparando os resultados das análises do leite *in natura* com o doce de leite pode-se observar que teve um aumento de temperatura de 1,3 para 70°C, respectivamente, devido o leite *in natura* estar refrigerado e passar para uma alta temperatura durante seu cozimento, está temperatura elevada no momento do envase garante a esterilização do produto,

evitando o crescimento de micro-organismos. Também observa-se um aumento no teor de açúcar (°Brix) de 8,1 para 69°Brix pois, para a produção de doce de leite, foi adicionado uma quantidade de açúcar junto com o leite no cozimento e também devido à concentração pela evaporação, assim o teor de açúcar aumentou. A acidez do leite *in natura* era de 16ºD, sendo corrigida para 13ºD com o auxílio de bicarbonato de sódio. Esta correção é necessária obtenção de um produto de qualidade e melhora a intensificação na cor do doce de leite. Os resultados de pH não obteve uma variação do leite *in natura* para o doce de leite que foi de 6,8 para 6,0 respectivamente. Os resultados de umidade apresentam uma redução nos valores, de 79,3 para 6,5%, o que significa que a água presente no leite evaporou ficando em pequeno percentual, deixando assim uma quantidade maior de sólidos no doce de leite. A viscosidade teve como resultado um aumento significativo de 0,02 para 11, isto é devido a evaporação.

Na análise de cor observou-se uma esperada alteração nos valores de L* que para o leite in natura 36,51 e para o doce de leite 33,8. Para os valores de a* houve um aumento de -1,19 do leite in natura para -0,36 do doce de leite. Já para os valores de b* houve um aumento significativo de 2,81 do leite in natura para 12,46 do doce de leite.

De acordo com Ferreira *et al.*2012 a diferenciação de cor no produto final pode ocorrer em função de vários fatores, dentre eles: a acidez inicial do leite, a quantidade e o momento da adição do bicarbonato de sódio, a presença de açúcares redutores além da lactose, o teor inicial e final de sólidos solúveis da calda (leite mais sacarose) e do doce de leite respectivamente, o tempo gasto para a evaporação e a pressão de vapor utilizada nos tachos. O maior o teor de sólidos solúveis no início do processo diminui o tempo de fabricação, contribuindo para obtenção de um produto mais claro.

A temperatura final do doce de leite em pasta foi de 70ºC no momento do envase, nessa temperatura evita possíveis contaminações por micro- organismos, pois o mesmo faz a esterilização do produto final.

Para o leite *in natura* o pH do leite segundo a instrução normativa 46/2007 do ministério agricultura pecuária e abastecimento (MAPA *et al.*1997) deve estar entre 6,6 e 6,8, para o consumo humano, sendo abaixo de 6,6 o mesmo é considerado ácido devido à deterioração por micro-organismos e se apresentar maior que 6,8 é considerado alcalino podendo apresentar algum tipo de adulteração como fraude com água, leite com colostro, leite em início de processo de fermentação, entre outros (VALENÇA; PAIVA *et al.*2010).

No doce de leite elaborado no presente trabalho a percepção de arenosidade não foi significativa provavelmente devido à adoção de técnicas que dificultaram o crescimento de cristais de sacarose e lactose, como: uso de glicose que reduziram o teor inicial de sólidos; e a redução da temperatura imediatamente após o envase, o que aumentou a viscosidade do meio e inibiu o crescimento de cristais. Segundo BRITO *et al.*1998 a viscosidade media do leite in natura é 2,2 Cp.

O doce de leite pastoso apresenta teor de sólidos de cerca de 70%, com coloração caramelo de intensidade variável (BRASHOLANDA *et al.* 1991), desde creme claro até marrom muito escuro, em função da intensidade das reações de Maillard e caramelização (MARTINS; LOPES *et al.*1980). A baixa umidade do doce de leite pastoso (máximo 30 %) melhora a conservação do produto, porém facilita o aparecimento da arenosidade, um defeito percebido sensorialmente (DEMIATE et al., 2001). Para o leite *in natura* o teor de umidade aproximadamente 87% (EMBRAPA *et al.*2018).

O rendimento do doce de leite, em relação a 2,9 litros utilizados com os demais ingredientes utilizados foi de 1000 mL.

3.2 Avaliação da Eficiência do Processo de evaporação

Na avaliação da eficiência do processo foram utilizadas as equações 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, sendo utilizado como coeficiente global de transferência de calor o valor de 3.500 W/m$^2$ºC. A quantidade de calor obtida foi de 36.582 Watts, a quantidade de vapor requerido no processo foi de 0,0165 Quilograma/segundo (kg/s) e o processo apresentou eficiência de 3,6 %. Essa eficiência é considerada muito baixa devido à grande quantidade de vapor utilizada no processo.

A quantidade vapor utilizada para evaporar a água do produto com objetivo de concentra-lo, foi muito alta em relação a quantidade de agua evaporada, ou seja foi requerido muito vapor e pouca agua evaporada, isto pode ser devido a perdas de troca de calor no processo.

## 4.r CONCLUSÃO

Foi possível elaborar em escala laboratorial um doce de leite em um evaporador de simples efeito, porém as características de cor não atenderam ao esperado, devido a diversos fatores ocasionados durante o processo, tais como baixa temperatura do evaporador e o baixo tempo de cocção. Ao avaliar a eficiência do processo obteve-se uma eficiência de 3,6%, essa percentagem é considerada muito baixo com o que seria ideal (95-98%). A baixa eficiência do processo está diretamente relacionada com a quantidade de leite *in natura,* perdas de vapor para ambiente, tempo e temperatura.

## 5.r REFERÊNCIAS

AOAC – "*Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists*". 2000 17th ed. Virginia.

Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretária de Defesa da Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. "*Portaria n° 354, de 4 de setembro de 1997. Estabelece a identidade e os requisitos mínimos de qualidade que deverá cumprir o doce de leite destinado ao consumo humano".* Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-ma-354-de-04-09-1997,664.html>. Acesso em: 04 jun. 2018.

Brasil "*Normas técnicas especiais"*: Resolução – CNNPA n° 12, de 1978.

Brasholanda S.A. "*Doce de leite. Processo contínuo. Alimentos & Tecnologia".* São Paulo, Ano III, n.38, p. 63-64, 1991.

Brito, José Renaldi Feitosa; Brito, Maria Aparecida VP. 1998.*Qualidade higiênica do leite.* Embrapa Gado de Leite-Documentos

Demiate, I. M.; Konkel, F. E.; Pedroso, R. "*Avaliação da qualidade de amostras comerciais de doce de leite pastoso – composição química*".Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2001 Campinas, v. 21, n. 1, p. 108-114.

Embrapa. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. *Composição.* Disponível em < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_128_21720039243.html> Acesso: 20 jun de 2018.

Ferreira, L. de O. et al. "*Avaliação das características de qualidade de doces de leite comerciais".* Rev. Inst. Latic. "Cândido Tostes". 2012.v. 67, n. 387, p. 05-11, jul./ago.

Klug, T.B. "*Controle de Qualidade em Doces. Relatório final de estágio do curso de Química de alimentos, para obtenção do título de Bacharel em Química de alimentos"*. 2007 Pelotas.

Madrona, G.S; Zotarelli, M,F Sangela; Bergamasco, R , Branco, I,G. *"Estudo do efeito da adição de soro de queijo na qualidade sensorial do doce de leite pastoso".* 2008. Ciências Tecnologia de. Alimentos, Campinas, outubro.-dezembro.

Martins, J. F. P.; Lopes, C. N. "*Doce de leite: aspectos da tecnologia de fabricação. Instruções Técnicas".* 1980. Campinas: ITAL, n. 18. 37p.

Perrone, I.T. "*Tecnologia para a fabricação de doce de leite".* Revista instituto de laticínio cândido tostes, 2007. v. 62, n. 354, p. 43-49.

Valença, A.L; Paiva, J. E. "*Caracterização físico-química do leite pasteurizado fornecido pelo programa leite de Pernambuco na região metropolitana do Recife. X Jornada de ensino, pesquisa e extensão".* Jepex 2010 – UFRPE: Recife, 18 a 22 de outubro.

## 6.r AVISOS DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE INTRÍNSECA DO PEG 1500 EM DIFERENTES TEMPERATURAS

**Jean Carlo Rauschkolb**
**Bruno Fischer**
**Natália Woloszyn**
**Guilherme Sabadin Piva**
**Thiago André Weschenfelder**
**Alexander Junges**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-Av. Sete de Setembro, 1621- Fátima, Erechim - RS, 99709-910
jeancarlo_ab@hotmail.com
bruno.fischer.com@hotmail.com
natalia_wolo@hotmail.com
piva_guilherme@hotmail.com
thiago.weschenfelder@gmail.com
junges@uricer.edu.br

**Luana Gonçalves**
Instituto Federal Catarinense, Rodovia SC 283, s/n - Vila Fragosos, Concórdia - SC, 89700-000
luana_g@hotmail.com.br

***Resumo:*** *A determinação da viscosidade intrínseca de um polímero é parte importante na caracterização reológica de materiais. Os polietilenoglicóis (PEG) são substâncias utilizadas como adjuvantes farmacêuticos, agente umectante e controlador de viscosidade, agente plastificante em recobrimento de alimentos, dentre outras aplicações. O presente trabalho consiste em determinar a viscosidade intrínseca do polietilenoglicol 1500 (Da) em diferentes temperaturas e concentrações. As densidades também foram avaliadas e diminuíram com o aumento da temperatura e aumentaram com a elevação da concentração. A viscosidade intrínseca foi determinada pela equação da reta e representada pelo coeficiente linear da reta nas temperaturas de 293, 298, 303, 313 e 323 (K). A viscosidade intrínseca apresentou-se de modo que ao aumentar a temperatura reduziu-se a viscosidade, onde apresentou resultados entre 7,4347 e 5,2023 ($cm^3.g^{-1}$) para o PEG 1500. A viscosidade intrínseca é a medida da densidade molecular das cadeias poliméricas em solução. O PEG 1500 apresentou correlação linear, e tais efeitos estão relacionados a conformação e distribuição da estrutura do polímero.*

***Keywords:*** *Polímero, densidade, Polietilenoglicol, extrapolação gráfica.*

## 1. INTRODUÇÃO

O cotidiano das civilizações está cada dia mais envolvida com diferentes tipos de materiais. Isso leva a necessidade do aprofundamento no conhecimento da composição e das características desses materiais, com o intuído de alcançar produtos de melhor qualidade e que sejam menos agressivos ao meio ambiente.

A crescente demanda por materiais de melhor desempenho nos últimos anos, tem aprimorado estudos em polímeros e esses têm efetuado importantes avanços no controle de suas características, e também na sua aplicabilidade, devido a necessidade de materiais que resistam a ambientes considerados severos. Isso tem impulsionado pesquisas que visão melhorar as propriedades físico-químicas dos materiais, ganhando assim mais espaço na corrida tecnológica essa que está em constante evolução (SOARES, 2013).

O polietilenoglicol (PEG) é um composto de grande importância para as áreas biomédicas e de biomateriais. Atua também como agente umectante e controlador de viscosidade, assim como agente plastificante em recobrimento de alimentos, comumente utilizado para funcionalizar nanomateriais, dentre outras aplicações, com vasta disponibilidade de massas moleculares, essa que define as características das formulações (VILLANOVA et al., 2010, BOLOURCHIAN et al., 2013, SHAZALI et al., 2018).

Diversas técnicas instrumentais (análise de grupos terminais, propriedades coligativas, espalhamento de luz, ultracentrifugação, cromatografia de permeação em gel), têm sido utilizadas para a determinação da massa molecular, no entanto essas técnicas necessitam de um alto investimento e possuem elevado custo de operação. Técnicas reológicas (viscosimetria) apresentam resultados condizentes com as técnicas instrumentais, permitindo pesquisas científicas com elevado grau de confiabilidade e menor custo de investimento (ZHANG et al., 2010).

A viscosidade é a medida da resistência de um material à fluência. A viscosimetria de soluções diluídas concerne principalmente à medida quantitativa da contribuição do aumento da viscosidade do solvente pela presença das partículas isoladas do soluto. Quando o soluto é polimérico, tais medidas permitem obter informações a respeito das dimensões da cadeia, do formato e tamanho da partícula de polímero (volume hidrodinâmico), e de sua massa molecular (SANTANA e CABREIRA, 2009).

Mudanças da massa molecular média viscosimétrica podem ser analisada por medidas da variação da viscosidade de uma solução de polímero e de seu solvente puro em função do tempo à uma temperatura constante. A viscosimetria por tratar-se de um método simples, objetivou o presente trabalho em determinar a viscosidade intrínseca do polietilenoglicol 1500 (Da) em diferentes temperaturas e concentrações.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Polietilenoglicol

Para realização deste estudo, foi utilizado o PEG 1500 (fornecido pela Merk Millipore). O solvente utilizado para solubilização do polietilenoglicol foi água destilada obtida através do purificador de água osmose reversa (Gehaka OS10LXE).

### 2.2 Preparo das amostras

Preparou-se uma solução concentrada, onde diluiu-se 50 g do polímero (PEG 1500 Da) em 0,5 L de água destilada, e a partir dessa preparou-se as demais concentrações partindo-se da maior concentração. As concentrações preparadas foram de (100, 80, 60, 40, 20 e 10 $g.L^{-1}$) e analisadas em diferentes temperaturas (293 K, 298 K, 303 K, 313 K e 323 K).

### 2.3 Análise de densidade

Para a determinação da densidade, utilizou-se de cada concentração, onde as mesmas foram injetadas em quadruplicata com auxílio de seringa em um analisador de densidade (Anton Paar DMA 4500; Paar Scientific Ltd., London, UK) nas diferentes temperaturas.

### 2.4 Análise de viscosidade

A determinação das propriedades viscosimétricas em função da massa molecular do polietilenoglicol foram realizadas através de viscosímetro Cannon-Fenske Routine com capilar de diâmetro 0,63 mm. Sendo que de cada concentração, foram transferidos 15 mL da amostra para o viscosímetro e analisadas nas diferentes temperaturas, onde cronometra-se o tempo de escoamento do líquido entre o menisco superior e o menisco inferior do viscosímetro, essa verificação é feita quatro vezes para cada diluição afim de diminuir o erro experimental. E a partir dos tempos e concentrações encontrados para cada solução é possível à aplicação das equações para definir a viscosidade intrínseca (Equações 1, 2, 3, 4 e 5), descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Equações para a determinações das viscosidades.

| VISCOSIDADE | EQUAÇÃO | | UNIDADE |
|---|---|---|---|
| Relativa | $\eta_r = t.\rho / t_0.\rho_0$ | (1) | Adimensional |
| Específica | $\eta_{esp} = \eta_r - 1$ | (2) | Adimensional |
| Reduzida | $\eta_{red} = \eta_{sp} / c$ | (3) | $(cm^3.g^{-1})$ |
| Inerente | $\eta_{in} = [ln(\eta_r) / c]$ | (4) | $(L.g^{-1})$ |
| Intrínseca* | $[\eta_{int}] = [(\eta_{red} / c)]_{c=0} = [ln(\eta_r) / c]_{c=0}$ | (5) | $(L.g^{-1})$ |

Onde $\eta_r$= viscosidade relativa; $\eta_{sp}$= viscosidade específica; $\eta_{red}$= viscosidade reduzida; $\eta_{in}$= viscosidade inerente; $\eta_{int}$= viscosidade intrínseca; t= tempo de escoamento da solução; $t_0$= tempo de escoamento do solvente; $\rho$= densidade da solução; $\rho_0$= densidade do solvente; c= concentração.
*A viscosidade intrínseca é obtida pela extrapolação gráfica, que exprime o efeito de uma partícula isolada sobre a viscosidade do solvente.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Densidade do Polietilenoglicol

A cristalinidade confere aos polímeros maior densidade, maior resistência e menor dureza, devido ao empacotamento das macromoléculas. A Tabela 2 mostra as médias da densidade em todas as condições estudadas. As

densidades do PEG 1500 (Da) diminuíram com o aumento da temperatura e aumentaram com a elevação da concentração. Comportamento similar foi observado por Costa et al. (2014), estudando o efeito da temperatura em soluções aquosas de polietilenoglicol de massa molecular 1500. A diminuição da densidade com a temperatura pode ser atribuída, a maior mobilidade das moléculas do líquido, que causa a expansão do volume e a diminuição de interações moleculares a temperaturas mais elevadas (SIONGCO et al., 2013).

Tabela 2. Tabela com média da densidade do PEG 1500 (Da), nas diferentes temperaturas (293, 298, 303, 313 e 323 K).

| **PEG (Da)** | **[c] (g.L$^{-1}$)** | **TEMPERATURA (K)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 293 | 298 | 303 | 313 | 323 |
| **1500** | 10 | 1,0001 | 0,9989 | 0,9974 | 0,9939 | 0,9896 |
| | 20 | 1,0017 | 1,0008 | 0,9989 | 0,9955 | 0,9912 |
| | 40 | 1,0050 | 1,0036 | 1,0020 | 0,9984 | 0,9940 |
| | 60 | 1,0081 | 1,0068 | 1,0052 | 1,0015 | 0,9969 |
| | 80 | 1,0113 | 1,0099 | 1,0083 | 1,0045 | 0,9998 |
| | 100 | 1,0148 | 1,0134 | 1,0112 | 1,0076 | 1,0029 |

### 3.2 Viscosidade Intrínseca

Utilizando-se dos dados experimentais (densidade e tempo de escoamento), foi possível determinar pela série de cálculos, valores para obtenção da viscosidade intrínseca obtida pela extrapolação gráfica Figura (1) chegando aos resultados dispostos na Tabela (3)

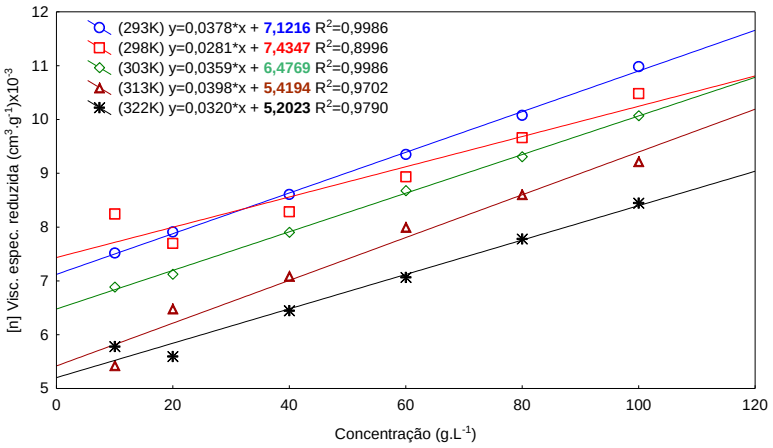



Figura 1. Gráfico do PEG 1500 (Da) com a equação da reta ajustada, representando a viscosidade intrínseca pelo coeficiente linear.

Tabela 3. Viscosidades Intrínsecas para o PEG 1500 (Da) em diferentes temperaturas (293, 298, 303, 313 e 323 K).

| **PEG 1500 (Da)** | **TEMPERATURA (K)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 293 | 298 | 303 | 313 | 323 |
| **Viscosidade Intrínseca (cm$^3$.g$^{-1}$)** | 7,1216 | 7, 4347 | 6,4769 | 5,4194 | 5,2023 |

De acordo com os resultados obtidos para as viscosidades intrínsecas do PEG 1500 (Da), é possível observar que quando há um aumento da temperatura ocorre uma redução de sua viscosidade. Isso ocorre, pois, a resistência de um fluido ao cisalhamento depende da coesão. Em um líquido, cujas moléculas estão muito mais próximas que em gases,

existem forças de coesão muito maiores, e essa parece ser a causa predominante da viscosidade num líquido; como ela diminui com a temperatura, a viscosidade segue o mesmo comportamento (CUNHA et al., 2010). A massa molecular de um polímero não muda com a alteração da temperatura, o que muda, são as propriedades hidrodinâmicas do sistema, exceto quando ocorre rupturas de ligação ou agregação de macromoléculas (MANSUELLI, 2014).

## 4. CONCLUSÕES

A viscosimetria pelo capilar Cannon-Fenske Routine, permitiu obter resultados significativos para a determinação da viscosidade intrínseca. E essa fornece resultados para a determinação de massa molecular de muitos polímeros, por tratar-se de uma análise simples e de baixo custo.

A viscosidade intrínseca é a medida da densidade molecular das cadeias poliméricas em solução. Quanto mais apertadas as correntes se enrolam / dobram em solução, menor a viscosidade intrínseca maior a densidade. A viscosidade intrínseca apresentou uma correlação linear para o PEG 1500, que tais feitos podem estar relacionados a conformação e distribuição da estrutura do polímero, pequenos erros experimentais podem ocorrer, pois a técnica capilar é uma técnica sensível que necessita de bastante atenção e precisão na captura dos dados.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus de Erechim pela infraestrutura necessária para a realização dos experimentos.

## 6. REFERENCIAS

Bolourchian, N. et al., 2013. The effect of peg molecular weights of dissolution behavior of simvastatin in solid dispersions. Iran J Pharm Res., v. 12, 11-20.

Costa, B. S. et al., 2014. Density, Refractive Index, Apparent Specific Volume, and Electrical Condutivity of Aqueous Solution of Poly(ethylene glycol) 1500 at Diffetent Temperaturas. Journal Chemical and Engineering Data, v. 59, p. 339-345.

Cunha, J. P. A. R. et al., 2010. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 665-672.

Mansuelli, M. A., 2014. Mark-Houwink parameters for aqueous-solublepolymers and biopolymers at various temperatures.Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry, v. 2, p. 37-43.

Paoli, M. A., 2008. Estabilização de Polímeros. 2ª versão on-line, Chemkeys.

Santana, R. C., Cabreira, V. 2009. Análise instrumental aplicada à polímeros. UFRGS, v. 11.

Shazali, S. S. et al., 2018. Colloidal stability measurements of graphene nanoplatelets covalently functionalized with tetrahydrofurfuryl polyethylene glycol in different organic solvents. Current Applied Physics, v. 18, 209 – 219.

Siongco, K. R. et al., 2013. Densities, refractive índices, and viscosities of N,N-dimetylethanol ammonium chloride-glycerol or-ethylene glycol deep eutetic solvents and their aqueous solutions. Journal Chemical Thermodynamics, v. 65, p. 65-72.

Soares, R. M., 2013. Avaliação do comportamento dos desgastes de ferramentas para torneamento da superliga inconel 718. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul – RS.

Villanova, J. C. et al., 2010. Aplicações farmacêuticas de polímeros. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 20, p. 51-64.

Zhang, L. Y. et al., 2010. Efficacy of polyethylene glycol 4000 on constipation of posttraumatic bedridden patients.Chinese Journal of Traumatology, v. 13, p.182-187.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# APLICAÇÃO DO TESTE DUO-TRIO EM AMOSTRAS DE PIMENTA BRANCA E PRETA

**Jean Carlo Rauschkolb**
**Bruno Fischer**
**Natália Woloszyn**
**Guilherme Sabadin Piva**
**Thiago André Weschenfelder**
**Alexander Junges**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-Av. Sete de Setembro, 1621- Fátima, Erechim - RS, 99709-910
jeancarlo_ab@hotmail.com
bruno.fischer.com@hotmail.com
natalia_wolo@hotmail.com
piva_guilherme@hotmail.com
thiago.weschenfelder@gmail.com
junges@uricer.edu.br

**Luana Gonçalves**
Instituto Federal Catarinense, Rodovia SC 283, s/n - Vila Fragosos, Concórdia - SC, 89700-000
luana_g@hotmail.com.br

***Resumo:*** *A análise sensorial nada mais é do que uma ferramenta utilizada para medir, analisar e interpretar as reações humanas perante as características dos alimentos. É normalmente muito empregada na indústria quando se desenvolve um novo produto, sendo que hoje desenvolver um produto com aceitação e qualidade é uma questão de sobrevivência em um mercado concorrente. Dentre os testes que podem ser aplicados na análise sensorial encontra-se o teste duo-trio, um teste que identifica se as amostras são iguais ou diferentes. Comumente utilizado para detectar a diferença no produto quando ocorre a substituição de ingredientes, alterações no processamento, na embalagem ou ainda nas condições de armazenamento. O presente estudo aplicou este teste fazendo uso de amostras de pimenta branca e preta em um pequeno grupo de 19 julgadores previamente treinados, sendo que 84% destes julgadores conseguiram identificar as diferenças entre as amostras através do odor, com nível de confiança de 99,5%. Com a realização do mesmo pode-se confirmar que existe diferença significativa entre as amostras utilizadas, além de que este teste é de fácil aplicação e entendimento, porém mesmo sendo fácil, os julgadores precisam passar por treinamento, para que os resultados possam ser considerados confiáveis.*

***Keywords:*** *análise sensorial, teste discriminativo, pimentas,*

## 1. INTRODUÇÃO

A fim de manter-se no mercado as indústrias de alimentos buscam sempre atender as exigências dos consumidores, sendo que a maior delas é a qualidade do produto. É neste contexto que é utilizada a análise sensorial, que tem como objetivo avaliar as características, reações e sensações do mesmo abrangendo sua aceitação ou rejeição conforme a aceitabilidade do cliente (MINIM, 2012).

Os testes sensoriais são realizados nas etapas de desenvolvimento de novos produtos, escolha da matéria-prima, processamento e avaliação do produto final. Para que esses resultados sejam altamente confiáveis, as avaliações devem ser realizadas por julgadores treinados, em ambiente apropriado com condições controladas, seguido de avaliações estatísticas nos resultados coletados (DUTCOSKY, 2011).

A análise sensorial é efetuada através de testes sensoriais que são divididos em três diferentes métodos. Segundo a ABNT-NBR 12994, de Julho de 1994 os métodos são classificados como discriminativos, descritivos e subjetivos, sendo que este último também recebe o nome de afetivo.

O método discriminativo estabelecerá a diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras, baseia-se na diferença percebida entre dois produtos. Este método por sua vez pode ser subdividido em testes de diferença e testes de sensibilidade (DUTCOSKY, 2011).

Os testes de diferença irão indicar se as amostras analisadas são iguais ou diferentes (CASTRO et al., 2007). O teste duo-trio está inserido nessa classificação e é utilizado para determinar se existe diferença sensorial entre uma dada amostra e o padrão (ABNT, 1994). São apresentadas três amostras ao julgador, sendo uma a padrão (P) e outras duas codificadas com três dígitos, uma das codificadas é idêntica ao padrão e cabe ao julgador identificar esta amostra (DUTCOSKY, 2011). Em tal experimento a escolha é forçada, sendo a probabilidade de acerto de 50% (p=1/2). O número de julgador deve ser no mínimo de sete julgadores especialistas ou no mínimo de quinze julgadores selecionados (GULARTE, 2009). Este teste muitas vezes utilizado para averiguar se os lotes de produções diferentes são sensorialmente semelhantes como também para determinar a substituição de ingredientes, mudanças no processamento, no tipo de embalagem, nas condições de armazenamento ou nova fonte de matéria-prima, que resultará em diferenças detectáveis no produto (OLIVEIRA, 2009).

O teste duo-trio é mais adequado quando o produto apresenta características marcantes, que demandem ter uma amostra padrão, onde as amostras devem ser distribuídas em todas as posições possíveis, estas, podem ser apresentadas casualizadas nas permutações: AB, BA (para P=A) e AB, BA (para P=B) (OLIVEIRA, 2010). Quando os julgamentos corretos forem maiores ou iguais ao tabelado, existirá diferença significativa entre as amostras à nível de probabilidade correspondente.

A palavra pimenta é usada para descrever o condimento picante. As pimentas são cultivadas praticamente em todos os estados por pequenos, médios e grandes produtores, constituindo um importante segmento do setor de hortaliças, tanto para a agricultura, quanto para a indústria alimentícia (LIMA et al., 2017). Os frutos são conhecidos por um grande número de nomes populares, com destaque para pimenta vermelha, pimenta dedo-de-moça, pimenta malagueta, pimenta-de-cheiro e pimenta comari. Possuem como característica marcante a presença de capsaicina, a substância responsável pela ardência característica, cujo grau varia de acordo com a espécie (SANTOS et al., 2013).

A diferença entre a pimenta preta e branca é o processo de produção, pois para as duas são utilizadas a mesma matéria-prima. A pimenta preta é produzida a partir de frutos ainda verdes, que são colhidos, fermentados por um curto espaço de tempo e secos. Já a pimenta branca é feita a partir de frutos quase maduros, deixados de molho para amaciar e fermentar a camada externa (casca), que posteriormente é retirada por maceração e depois é submetida a secagem. A pimenta preta possui uma fragrância intensa, frutada, com tonalidades amadeiradas e cítricas. O paladar é picante e quente, com um gosto penetrante. A pimenta branca tem o aroma mais marcante e sabor mais suave que a pimenta preta (BARBIERI et al., 2009).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi aplicar o teste Duo-trio utilizando amostras de pimenta preta e branca, afim de avaliar a percepção dos julgadores em relação ao olfato e verificar a diferença significativa entre as amostras de pimenta branca e pimenta preta.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Preparo das amostras

A análise sensorial foi realizada em cabines individuais com participação de 19 julgadores com conhecimento prévio adquirido do teste sensorial em questão sendo o mesmo concretizado em uma única sessão.

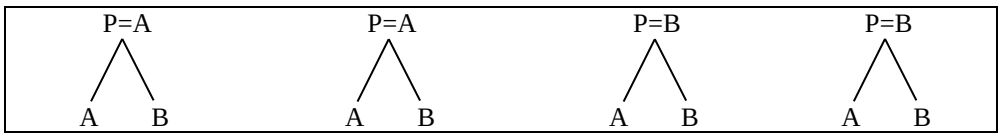
Para realização deste estudo, se adquiriu do comércio local, duas amostras de pimenta de mesma marca porem de classificação diferentes uma preta e outra branca. Para a amostra padrão utilizou-se tanto a pimenta preta quanto a pimenta branca. As mesmas foram servidas em copos descartáveis, com duas camadas de papel alumínio, na primeira foi realizada furos para que o julgador pudesse sentir o odor e a segunda foi para evitar que o odor não exalasse enquanto o teste não era realizado, as amostras foram distribuídas em ordem balanceada, evitando que estas ficassem sempre na mesma posição evitando resultados tendenciosos.

### 2.2 Apresentação das amostras

O teste sensorial definido foi o teste duo-trio. Onde as amostras foram apresentadas aos julgadores (cerca de 4g de cada amostra/provador) servidas em cabines individuais, em copos descartáveis de 25mL à temperatura ambiente, dispostas em todas as posições possíveis (Quadro 1), uma série de três amostras de pimenta branca e pimenta preta de mesma marca, sendo que duas dessas foram codificadas com números aleatórios de três dígitos e a outra foi rotulada como padrão (P) de acordo com a Tabela 1.

Informou-se aos julgadores de que dentre as duas amostras codificadas uma era idêntica ao padrão (P) e solicitou-se que os mesmos realizassem o teste da esquerda para a direita, sendo que primeiramente fosse provada a amostra padrão e em seguida as outras duas amostras, identificando assim a amostra idêntica, e anotando em ficha específica (Quadro 2). Para que os julgadores retirassem o odor entre uma amostra e outra foi servido um copo com café em pó.

Quadro 1. Posições possíveis para distribuição das amostras no teste duo-trio




Fonte: DUTCOSKY, 2011.

Tabela 1. Tabela de números aleatórios.

| Julgador | Número da amostra (A) | Número da amostra (B) | Balanceamento | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 682 | 617 | P=A | A | B |
| 2 | 451 | 24 | P=A | B | A |
| 3 | 47 | 267 | P=B | A | B |
| 4 | 296 | 516 | P=B | B | A |
| 5 | 486 | 337 | P=A | A | B |
| 6 | 311 | 511 | P=A | B | A |
| 7 | 408 | 889 | P=B | A | B |
| 8 | 373 | 245 | P=B | B | A |
| 9 | 972 | 872 | P=A | A | B |
| 10 | 240 | 165 | P=A | B | A |
| 11 | 859 | 835 | P=B | A | B |
| 12 | 567 | 993 | P=B | B | A |
| 13 | 624 | 607 | P=A | A | B |
| 14 | 359 | 734 | P=A | B | A |
| 15 | 739 | 955 | P=B | A | B |
| 16 | 537 | 195 | P=B | B | A |
| 17 | 159 | 417 | P=A | A | B |
| 18 | 759 | 286 | P=A | B | A |
| 19 | 334 | 142 | P=B | A | B |

Fonte: Do autor.

Quadro 2. Ficha de avaliação sensorial de amostras de pimenta

Teste Duo - Trio

Nome:_____ Data:___/___/____

Você está recebendo uma amostra padrão (P) e duas amostras codificadas. Uma das amostras codificadas é igual ao padrão, faça um círculo nesta amostra.

Amostra padrão (P)

Amostra (____) Amostra (____)

Comentários:

_____

_____

Fonte: Do autor.

A interpretação do resultado foi baseada, no número de julgamentos versus o número de julgamentos corretos e comparados à tabela referente ao teste, segundo a ABNT NBR, 13169 de junho de 1994.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teste foi realizado usando amostras de pimenta branca e preta, o mesmo contou com o auxílio de 19 julgadores previamente treinados, sendo que destes, 16 (84%) conseguiram identificar a amostra idêntica ao padrão. Como pode-se observar a grande maioria dos julgadores conseguiram reconhecer a diferença, apenas 16% não conseguiu diferenciar. Analisando os resultados obtidos com a tabela do teste duo-trio da ABNT- NBR 13169 de junho de 1994 (Tabela 2), pode se concluir que existe diferença significativa entre as amostras em um grau de significância de 0,5%, ou seja, com 99,5% de certeza, as amostras são consideradas diferentes.

Tabela 2. Número mínimo de julgamentos corretos para estabelecer significância a vários níveis de probabilidade para o teste duo-trio unilateral (p=1/2)

| Número de julgamentos | Níveis de probabilidade | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0,5% | 0,1% |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | |
| 8 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | |
| 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 |
| 11 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 |
| 12 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 |
| 13 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 |
| 14 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 |
| 15 | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 |
| 16 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 |
| 17 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 16 |
| 18 | 13 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 |
| 19 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 16 | 17 |
| 20 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 |
| 50 | 32 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35 | 37 |
| 100 | 59 | 60 | 60 | 61 | 63 | 64 | 66 |

Fonte: Modificado pelo autor, ABNT (1994).
Nota: Se o número de julgamentos for maior que 100 é necessário usar a equação: $J.C=(z\sqrt{2n}+n+1)/2$
Onde: n=número de julgamentos; z=1,64 (teste unilateral); J.C= número mínimo de julgamentos corretos.

A minoria que não conseguiu identificar a diferença entre as amostras (16%), pode ser justificado por não interpretarem corretamente o enunciado da ficha de avaliação, confundindo-se com o teste triangular no qual você circula das três amostras qual é a diferente. Também pode ser considerada a dificuldade em que certas pessoas têm na percepção da diferença entre as amostras.

O teste duo-trio além de ser utilizado quando um produto é reformulado, ou ainda se tem uma alteração no processo industrial, também é empregado na indústria para treinamento dos julgadores para ver se os mesmos conseguem diferenciar uma amostra e outra.

## 4. CONCLUSÕES

A partir da realização do teste duo-trio foi possível identificar que entre as amostras de pimenta branca e pimenta preta existe diferença significativa a um nível de confiança de 99,5% em relação ao odor.

Verificou-se que a grande maioria dos julgadores conseguiu identificar a amostra idêntica ao padrão, mostrando que em geral o grupo tem uma ótima percepção, e ao analisarmos a tabela de referência constatamos que as amostras têm sim diferença significativa entre elas.

Em relação ao método empregado, pôde-se perceber que o mesmo é de fácil entendimento, porém é importante estudá-lo anteriormente e realizar treinamento com os julgadores para que se tenha a confiabilidade nos resultados

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus de Erechim e ao Instituto Federal Catarinense - Campus Concórdia.

## 6. REFERENCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 13169: Teste Duo-Trio em Análise Sensorial. Rio de Janeiro, 1994. 4p.

Barbieri, R. L; Stumpf, E. R. T., 2009. Pimentas – muitos tipos, muitas opções.

Castro, F. A. F; Azeredo, E. M. C., 2007. Estudo Experimental dos Alimentos: uma abordagem prática. 3. ed. – Viçosa: Editora UFV.

Dutcosky, S. D., 2011. Análise sensorial de alimentos. Curitiba: Champagnat, 426 p.

Gularte, M. A., 2009. Manual de análise sensorial de alimentos. Universidade Federal de Pelotas: Editora e Gráfica Universitária PREC, Pelotas-RS.

Lima, C. M. G. et al., 2017. Aceitabilidade de geleia de pimenta dedo-de-moça com pectina da casca do pequi. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 3, n. 6, p. 789-791.

Minim, V. P. R., 2006. Análise sensorial - Estudos com consumidores. Viçosa: Editora UFV, 308 p.

Oliveira, A. F., 2010. Análise sensorial dos alimentos. Londrina: Universidade Técnológica Federal do Paraná. Apostila do curso de técnologia em alimentos, p. 54.

Oliveira, M. A. B., 2009. Análise sensorial de alimentos: Práticas e experimentos. Cachoeiro de Itapemirim- ES.

Santos, C. F. M.; Bracht, F.; Conceição, G. C., 2013. Das virtudes da ardência: uso e disseminação dos frutos de Capsicum nos séculos XVI e XVII. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum., Belém, v. 8, n. 1, p. 59-75.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRODUÇÃO DE CONCENTRADO DE SORO EM MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO UTILIZANDO ESCALA PILOTO

**Jenefher Becker**
**Thais Feiden**
**Willian Secchi**
**Érick Vinícios da Silva Muskopf**
**Luana Gayeski**
**Danieli Bucior**
**Bruna Maria Saorin Puton**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Eunice Valduga**
**Juliana Steffens**
[1]Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI-Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil
e-mail: jenefher.becker@hotmail.com; thais.feiden@hotmail.com; william_secchi_1@hotmail.com; muskopferic@gmail.com; luanagayeski13@gmail.com; danii_bucior@hotmail.com; brunnaputon@hotmail.com; ilizandrafernandes@yahoo.com.br; veunice@uricer.edu.br; julisteffens@uricer.edu.br

***Resumo:*** *O objetivo do trabalho foi concentrar o soro de leite e caracterizar as frações obtidas. Foi utilizado uma unidade em escala piloto com uma membrana de ultrafiltração com massa molar de 10 kDa e área de 1,8 m². O soro foi concentrado até um fator de 8,33 e posteriormente as análises foram realizadas. Pode-se concluir através da caracterização que a etapa de concentração foi eficiente, visto que os valores de sólidos totais foram superiores na fração concentrada. Quanto a eletroforese do concentrado os resultados obtidos demonstram a eficiência do processo de ultrafiltração na concentração das proteínas β-lactoglobulina e α-lactoalbumina.*

***Palavras – chave:*** *Fator de concentração, caracterização, eletroforese.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na indústria de laticínios o soro de leite é um coproduto que representa a porção aquosa do leite que se separa do coágulo durante a fabricação de queijo ou da caseína. O soro de leite é um líquido opaco e de cor amarelo-esverdeada. Corresponde cerca de 80 a 90 % do volume de leite que entra no processo de fabricação de queijos (Alves, *et al*., 2014). Este subproduto é muito utilizado, por possuir resíduos orgânicos como proteínas, lactose, gordura que podem ser recicladas por vários processos biotecnológicos e reutilizados como componente por serem recursos naturais valiosos (Wen-Qiong, *et al*., 2017).

A composição e o sabor do soro de leite dependem da coagulação do leite e da operação de fabricação do queijo. O soro doce é proveniente da coagulação enzimática do leite, em pH 6,2-6,4 através da adição de enzimas (microbiana, vegetal ou animal), apresenta maior quantidade de peptídeos e aminoácidos livres e é rico em lactose. O soro ácido é obtido da produção do queijo fresco, após a coagulação ácida do leite por meio da adição de ácidos (ácido lático, acético e cítrico) ou fermento lácteo, seguido pelo aquecimento da coalhada. O soro ácido possui maior quantidade de minerais (cálcio e fósforo) (Cortez, 2013; Chandrapala, *et al*., 2016).

Os processos de separação de membranas (PSM) são operações que utilizam membranas no fracionamento de misturas, soluções e suspensões envolvendo espécies de tamanho e natureza química diferentes. Seu principal objetivo é a separação, a concentração e/ou purificação de qualquer componente presente em solução. Tendo como principais vantagens baixa economia de energia, seletividade, separação de compostos termolábies, uso de temperatura amenas e simplicidade de operação e escalonamento (Marques, 2017). A separação por membranas é muito utilizada para obter concentrados proteicos a partir do soro, pois este processo permite a concentração seletiva das proteínas em relação aos outros componentes de natureza não proteica e da permeação da lactose, sais minerais, água e componentes de baixa massa molar (Baldasso, 2008).

Dentre os processos de separação de membranas, a ultrafiltração (UF) é utilizada em diversas áreas de processamento de alimentos como na concentração e fracionamento de proteínas, recuperação de amido, clarificação de

sucos e bebida alcoólicas entre outras aplicações (Ng, *et al*., 2017). Na ultrafiltração, a separação ocorre pelo tamanho do poro da membrana e pelo tamanho da partícula. Utiliza-se membranas poliméricas ou cerâmicas de poros assimétricos, com poros variando entre 0,001 a 0,1 µm e uma variação de pressão de 1 a 10 bar. Podem ser projetadas para operações em batelada ou contínua, sendo a operação contínua a preferida para o processo em larga escala (Marques, 2017).

Durante o processamento do soro do leite é possível ocorrer a incrustação da membrana devido à grande dessemelhança de componentes lácteos que participam na incrustação. A exoneração de proteína e precipitação mineral são os fundamentais colaboradores para este fator. O *fouling* está pertinente às incrustações irreversíveis que acontecem pela deposição de solutos na superfície e dentro dos poros. Já a polarização por concentração acontece devido ao acúmulo de solutos de forma reversível na superfície da membrana. Que leva ao aumento da concentração destes solutos na alimentação (Marques, 2017).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi concentrar o soro de leite utilizando membrana de UF-10 kDa e caracterizar o soro *in natura* e o concentrado obtido.

## 2 METODOLOGIA

As amostras de soro de leite *in natura* foram gentilmente cedidas pelo Laticínio Renner S.A – RELAT, o qual beneficia soro de leite em pó na região Sul do Brasil. Primeiramente o soro de leite foi filtrado em membrana de microfiltração, visando reter partículas em suspensão. O permeado desta membrana foi utilizado como alimentação do processo de ultrafiltração da membrana de 10 kDa.

### 2.1 Processo de separação utilizando membrana

Para a realização do presente estudo, um aparato em escala piloto foi utilizado. Foram utilizadas as membranas de microfiltração (MF) fibra oca, com tamanho de poro de 0,4 µm e área de 2,2 $m^2$ e ultrafiltração (UF) espiral com massa molar de 10 kDa e área de 1,8 $m^2$, ambas de poliamida. Primeiramente o soro de leite passou pela membrana de MF para retirada de materiais suspensos. Posteriormente o soro microfiltrado (permeado) foi utilizado em uma membrana de ultrafiltração (UF) utilizando 1 bar de pressão.

A Figura 1 apresenta o aparato experimental utilizado, onde TQ-101 é o tanque de alimentação de soro de leite (capacidade 30L), TQ-102 é o tanque de recebimento da fração permeada (capacidade 10L), PT-101 é a válvula de controle de pressão, B-101 é a bomba pneumática e MSM é o módulo para suporte da membrana. Nesta unidade, a fração de soro de leite concentrado pode ser retirada na válvula da linha do concentrado ou voltar ao processo (TQ-101).

Figura 1 – Sistema de separação por membranas em escala piloto, vista geral da unidade (a) vista dos tanques e módulo (b).

**(a)** **(b)**

### 2.2 Fator de concentração

O fator de concentração (FC) é uma variável importante quando o objetivo é concentrar substâncias de interesse (Boschi, 2006). O FC é definido conforme a Equação 1:

$$FC = \frac{Vo}{Vr} = \frac{Vo}{Vo - Vf} \quad (1)$$

Onde: FC = fator de concentração de uma dada espécie; Vo = volume inicial da solução (L); Vr = volume retido (L); Vf= volume da solução permeado (L).

### 2.3 Caracterização do soro *in natura* e do concentrado obtido pelo processo de Ultrafiltração

O soro *in natura* e a fração de concentrado foram caracterizadas quanto ao pH, condutividade elétrica, sólidos totais, acidez e cinzas. A seguir estão detalhadas as metodologias que foram empregadas:

*a) pH*

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, segundo metodologia (método n° 4022) descrita pela AOAC (2005).

*b) Condutividade elétrica*

A medida da condutividade elétrica é uma medida indireta da concentração de íons na solução. A condutividade elétrica foi determinada para as soluções de alimentação e concentrado. O equipamento utilizado para esta análise foi o condutivímetro DIGIMED DM-31, com eletrodo modelo DMC-010M e K=1 $cm^{-1}$.

*c) Sólidos Totais*

Os sólidos totais foram determinados pelo método de dessecação em estufa a 105ºC, segundo metodologia descrita por IAL (2005).

*d) Acidez*

A Acidez foi determinada pelo método volumétrico conforme metodologia descrita por IAL (2005).

*e) Cinzas*

O conteúdo de cinzas foi determinado conforme metodologia descrita por IAL (2005). Inicialmente, as amostras (~2 g) foram pré-carbonizadas e posteriormente incineradas em mufla (Quimis) a 550°C/10 h.

### 2.4 Frações das proteínas - Eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE)

Para verificar o tamanho das partículas do soro *in natura* e concentrado da UF com membrana de 10 kDa foi realizado uma eletroforese de acordo com metodologia descrita por Laemmli (1970).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adicionou-se ao tanque de alimentação um volume de 25 L de soro de leite reduzindo este volume até 3L (volume mínimo que a unidade piloto suporta), sendo o fator de concentração do processo de 8,33.

Foram realizadas análises de caracterização físico-química do soro *in natura* e da fração de concentrado obtido em membrana de ultrafiltração de 10 kDa a 10 ºC e 1 bar, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1-Valores médios de pH, condutividade elétrica, sólidos totais, acidez e cinzas para o soro *in natura* e o concentrado obtido pela membrana de UF-10 kDa.

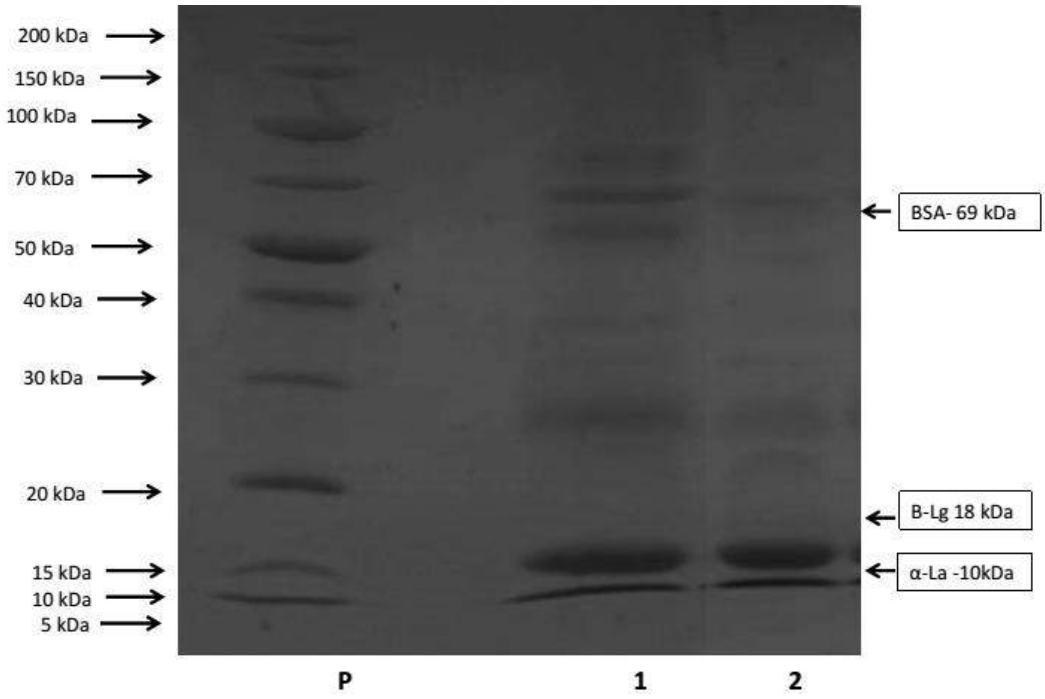
| Parâmetros | Soro *in natura* | Concentrado UF |
|---|---|---|
| pH | $6{,}17^{b}\pm0{,}03$ | $6{,}23^{a}\pm0{,}02$ |
| Condutividade (µs/cm) | $5{,}50^{a}\pm0{,}02$ | $5{,}31^{b}\pm0{,}01$ |
| Sólidos Totais (%) | $5{,}97^{b}\pm 0{,}19$ | $6{,}79^{a}\pm0{,}16$ |
| Acidez (ºD) | $17{,}20^{a}\pm0{,}96$ | $16{,}09^{a}\pm0{,}56$ |
| Cinzas (%) | $0{,}35^{a}\pm0{,}16$ | $0{,}31^{a}\pm0{,}21$ |

*Media ± desvio padrão seguido de letras iguais nas linhas indicam não haver diferença significativa á nível de 5% (Teste Tukey).

Em relação a acidez e cinzas, não houve diferença significativa ($p<0,05$) entre o soro *in natura* e a fração concentrada. Já para o pH a fração concentrada apresentou um leve aumento, diferindo estatisticamente entre si ($p<0,05$). Os valores de sólidos totais obtido mostrou-se superior para a fração de concentrada, o que é esperado, pois esta é a função das membranas. Para a condutividade elétrica houve diferença entre o soro *in natura* e a fração concentrada, isto deve-se a redução de íons que estão relacionados aos teores de cinzas.

A Figura 2 apresenta os principais constituintes que representam as proteínas do soro *in natura* (1) e concentrado (2) a 1 bar obtidos com UF em membrana de 10 kDa, através da análise da eletroforese. Onde P é o marcador de massa molar (250, 150, 100, 70, 50, 40, 30, 20, 15, 10 e 5 kDa).

Figura 2 - Imagem dos géis de eletroforese SDS-PAGE para membrana de UF.




Pode-se observar no gel de eletroforese que o concentrado apresenta um sinal forte para ambas as proteínas, β-lactoglobulina (18 kDa) e α-lactoalbumina (10 kDa), indicando que estas ficaram retidas na membrana. Para a fração concentrada e para a alimentação além das proteínas β-Lg e α-La, pode observar a banda correspondente a albumina de soro bovina (BSA) (69 kDa).

## 4. CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos pode-se verificar que a passagem do soro pela membrana de UF foi eficiente para obtenção do fator de concentração 8,33, pois na caracterização o concentrado apresentou teor de sólidos solúveis superior ao soro *in natura.* E a condutividade elétrica diferiu entre o soro *in natura* e a fração concentrada, fato este que se deve a redução de íons que estão relacionados aos teores de cinzas. Portanto, em relação ao concentrado os resultados obtidos demonstram a eficiência deste processo, utilizando a pressão de 1 bar para a membrana de 10 kDa, ressaltando que ocorreu a concentração das proteínas β-lactoglobulina e α-lactoalbumina.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e a URI-Erechim pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, M. P.; Moreira, R. de O.; Rodrigues, P. H. J.; Martins, M. C de F.; Perrone, I. T.; Carvalho, A. F. (2014). Soro de leite: Tecnologias para o processamento de coprodutos. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, v. 69, n. 3, p. 212-226.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2005). *Official methods of analysis of the association analytical chemists*. 18.ed. Maryland: AOAC.

Baldasso, C. (2008). *Concentração, Purificação e Fracionamento das Proteínas do Soro Lácteo através da Tecnologia de Separação por Membranas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre.

Boschi, J. R. (2006). *Concentração e purificação das proteinas do soro de queijo por ultrafiltração.* Dissertação (Mestranho em Engenharia Quimíca) – Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre.

Chandrapala, J.; Chen Q. G.; Kezia, K.; Bowman G. E.; Vasiljevic, T.; Kentish, E. S. (2016). Removal of lactate from acid whey using nanofiltration. *Journal of Food Engineering*, v. 177, p. 59-64.

Cortez, N. M. S. (2013). *Diagnóstico da produção do soro de queijo no estado do Rio de Janeiro*. 2013. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

Instituto adolfo lutz - IAL (2005). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4 ed. São Paulo, p. 1020.

Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4, *Nature*, v. 227, p. 680–685.

Marques, I. R. (2017). *Redução de incrustação proteíca em membranas de ultrafiltração de poli(étersulfona) por deposição de dopamina e polietilenoimina*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Ng, K. S.Y; Haribabu, M.; Harvie, D. J. E.; Dunstan, D. E; Martin, M. J.O. (2017). Mechanisms of flux decline in skim milk ultrafiltration: A review. *Journal of Membrane Science*, v. 523, p. 144-162.

Wen-qiong, W.; Lan-wei, Z.; Xue, H.; YI, L. (2017). Cheese whey protein recovery by ultrafiltration through transglutaminase (TG) catalysis whey protein cross-linking. *Food Chemistry*, v. 215, p. 31-40.

## 7 . RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# VALIDAÇÃO DO MÉTODO IODOMÉTRICO PARA QUANTIFICAÇÃO INDIRETA DE OLEATO DE ASCORBILA OBTIDO VIA SÍNTESE ENZIMÁTICA

**Karine Angélica Dalla Costa[1]**
**Maria Eduarda Wlodarkievicz[2]**
**William Trentin[2]**
**Rogério Luis Cansian[1]**
**Rogério Marcos Dallago[1]**
**Jamile Zeni[1]**
**Natalia Paroul[1]**

*[1]Programa de pós-graduação de Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS*
*[2] Departamento de ciência exatas e da terra, Graduação em Engenharia química, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS*

*karinedallacosta@hotmail.com*
*mw_eduarda@hotmail.com*
*williaan.trentin@gmail.com*
*cansian@uricer.edu.br*
*dallago@uricer.edu.br*
*jamilezeni@uricer.edu.br*
*nparoul@uricer.edu.br*

***Resumo.*** *A avaliação da eficiência do processo de síntese de ésteres até então se dá mediante o emprego da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). No entanto, devido ao elevado custo do equipamento, a referida metodologia pode se tornar proibitiva. Neste contexto, apresentam-se como opção os métodos volumétricos, como a titulação. O objetivo deste estudo consiste em realizar a validação do método volumétrico e em paralelo, com as mesmas amostras, conduzir a quantificação da síntese de oleato de ascorbila também com o CLAE. No caso especifico, o titulante escolhido foi o iodo, devido a sua reatividade frente ao ácido ascórbico. Então primeiramente foi determinado o número de extrações necessárias para obter a molécula alvo (ácido ascórbico), já que o iodo não é seletivo para este reagente no sistema reacional, seguido da comparação da produção de oleato de ascorbila pelo CLAE e pelo método de titulação. Os resultados demonstraram que duas extrações de 5 mL foram suficientes para obter a concentração próxima a calculada. Comparando o rendimento de produção de oleato de ascorbila pelas duas técnicas analíticas observa-se que não houve diferença significativa a nível de 5 % indicando perspectiva na técnica iodométrica, já que apresentou resultado satisfatório/próximo quando comparado ao CLAE.*

***Palavras-chave:*** *ácido ascórbico, método titulométrico, rendimento da reação*

## 1. INTRODUÇÃO

Oleato de ascorbila é um éster de vitamina C lipossolúvel com propriedades antioxidantes. Sua obtenção consiste na condensação do ácido carboxílico livre (ácido oleico) e o álcool (ácido L-ascórbico), normalmente na presença de um catalisador, o qual pode ser químico ou enzimático (Chazin, 2012; Balen *et al*., 2015).

A avaliação da eficiência do processo de síntese de ésteres, normalmente se dá mediante o emprego de instrumentação analítica, como a cromatografia líquida (Reyes-Duarte *et al*., 2011; Song *et al*., 2004; Stojanović *et al*., 2013), a qual, devido a sua elevada seletividade, permite monitorar tanto o consumo dos reagentes quanto a formação do produto. No entanto, devido ao elevado custo do equipamento, a referida metodologia pode se tornar proibitiva para alguns grupos de pesquisa ou laboratórios de análise.

Neste contexto, metodologias alternativas, que sejam mais acessíveis, apresentam-se como uma opção em substituição a este tipo de análise. Dentro deste panorama destacam-se os métodos volumétricos, que mesmo não sendo tão seletivos quanto a cromatografia líquida, destacam-se como uma alternativa viável, tanto cientificamente quanto economicamente, principalmente para sistemas/amostras com baixa complexidade em termos de composição, como na síntese de ésteres. Para tanto deve-se empregar reagentes com reatividade no mínimo para um dos componentes do sistema reacional. No caso especifico o componente selecionado foi o ácido L-ascórbico, o qual apresenta reatividade frente ao iodo.

Sendo a molécula controle um reagente, a síntese do oleato de ascorbila será determinada de forma indireta, pelo consumo de um dos reagentes, e não direta que seria pela formação do produto.

Neste contexto, o objetivo deste estudo consiste em realizar a validação do método volumétrico como ferramenta para acompanhar a eficiência da síntese de oleato de ascorbila. Para fins comparativos, as amostras também serão analisadas por CLAE.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para ser possível a realização da quantificação de oleato de ascorbila utilizando o método volumétrico é necessária uma etapa prévia de preparação da amostra visto que o titulante escolhido (Iodo) não é seletivo, ou seja, reage com mais de um componente (ácido ascórbico e oleato de ascorbila) do meio reacional. Neste contexto a separação dos mesmos, visando a isolamento do ácido ascórbico trona-se necessária.

### 2.1 Método iodométrico

2.1.1 Preparação da amostra: extração líquido-líquido

Considerando que o ácido ascórbico possui elevada solubilidade em água em relação aos demais componentes do sistema reacional (oleato de ascobila e ácido oleico) a metodologia escolhida foi a extração líquido-líquido, empregando água como meio extrator. Nesta primeira etapa foi determinado o número de extrações para obtenção do ácido ascórbico de forma isolada. Para tal, primeiramente foi realizada a preparação do meio reacional (branco) utilizando razão molar dos substratos ácido ascórbico:ácido oleico de 1:9, e solvente terc-butanol até completar o volume reacional de 50 mL. Alíquotas de 1,0 mL foram removidas do meio reacional e submetidas a extrações empregando 5 mL de água. Foram avaliadas 4 condições distintas, as quais diferem entre si pelo número de etapas de extrações com 5 mL de água. A extração I corresponde a uma única extração com 5 mL de água, a II, com duas extrações suscetíveis de 5 mL e assim respectivamente, III com 3, IV com 4.

Após a etapa de extração, a fase aquosa foi transferida para um balão volumétrico de 50 mL, tendo seu volume aferido com uma solução de ácido metafosfórico a 3 %. Após 15 minutos de repouso a solução foi filtrada em papel filtro faixa preta, sendo o filtrado submetido a titulação.

2.1.2 Titulação

Em duplicata, foi transferido 20 mL da solução da amostra para um erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se cerca de 30 mL de água destilada, 2 mL de solução de amido a 1 %. Após foi realizada a titulação com uma solução de iodo 0,01 N até aparecimento de coloração levemente azulada, persistente por quinze segundos (metodologia adaptada de Instituto Adolfo Lutz, 2008). O cálculo para determinar a concentração presente de ácido ascórbico na amostra está apresentado na equação 1.

$$Vitamina\ C\ (mg/100\ mL) = \frac{A\,.V.\,0{,}8806\ .100}{V1\ .V2} \qquad (1)$$

Onde:
A = mL de solução de iodo 0,01 N gastos na titulação da amostra
V = volume de balão volumétrico em que foi dissolvido a amostra
V1 = volume da amostra
V2 = volume da solução de amostra usado na titulação

Os resultados foram submetidos a análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5 % de significância. A análise estatística foi realizada no programa estatístico Statistica Six Sigma, Release 5.

### 2.2 Síntese do Oleato de ascorbila

A reação de esterificação modelo foi conduzida utilizando uma razão molar de 1:9 (ácido ascórbico: ácido oleico), com 2 % (m/m) de peneira molecular, temperatura de 70 °C, agitação constante de 125 rpm (shaker - Servilab SE 1208), solvente terc-butanol em diferentes concentrações da lipase NS 88011 (10, 15, 20 e 30 % m/m substratos). O rendimento da reação foi realizado por dois distintos métodos: Cromatografia Líquida de Alta Eficiência e pelo método titulométrico (descrito no item 2.1), utilizando o número de extrações definidas anteriormente. A conversão da reação foi determinada de forma indireta, pelo consumo do reagente.

2.2.1 Análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

A eficiência do processo de esterificação também foi acompanhada por cromatógrafia líquida de alta eficiência (CLAE-Agilent 1100 series), com detecção espectrofotométria no UV. Os seguintes acessórios e condições foram usados: coluna de fase reversa (C18, 250 × 4,6 mm, 0,5 µm), vazão de 1,0 mL $min^{-1}$, fase móvel metanol/água/ácido acético (95:5:0,1 v/v/v), o volume de injeção de 1,0 µL e detecção em 254 nm. A quantificação foi conduzida mediante o emprego de padrões externos. A curva de calibração foi construída com as concentrações de ácido ascórbico de 20 a 200 µg $L^{-1}$. A conversão da reação foi calculada com base na diminuição da área do substrato limitante (ácido ascórbico).

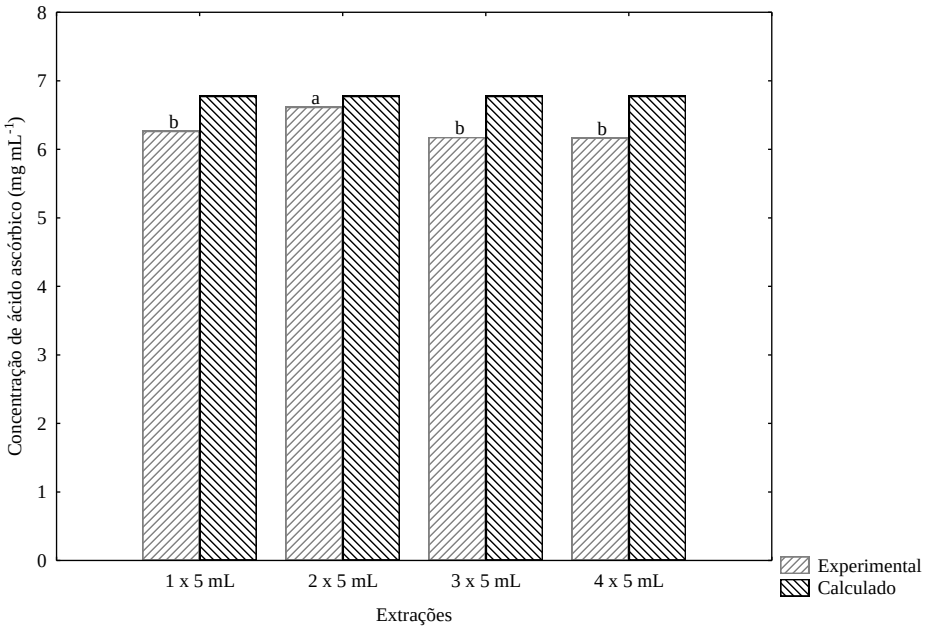
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Determinação do número de extrações

Considerando que, tanto o ácido ascórbico quanto o oleato de ascorbila reagem com o iodo, para validação da metodologia deve-se primeiramente efetuar uma etapa de preparação da amostra, cujo objetivo é isolar a molécula alvo em análise, no caso especifico, o ácido ascórbico.

A Figura 1 apresentada as concentrações de ácido ascórbico obtidas empregando as 4 condições de extração avaliadas (1 x 5 mL, 2 x 5 mL, 3 x 5mL e 4 x 5 mL).

Figura 1 – Concentração de ácido ascórbico obtida em uma extração (1 x 5mL) e várias extrações (2, 3, 4 x 5 mL).



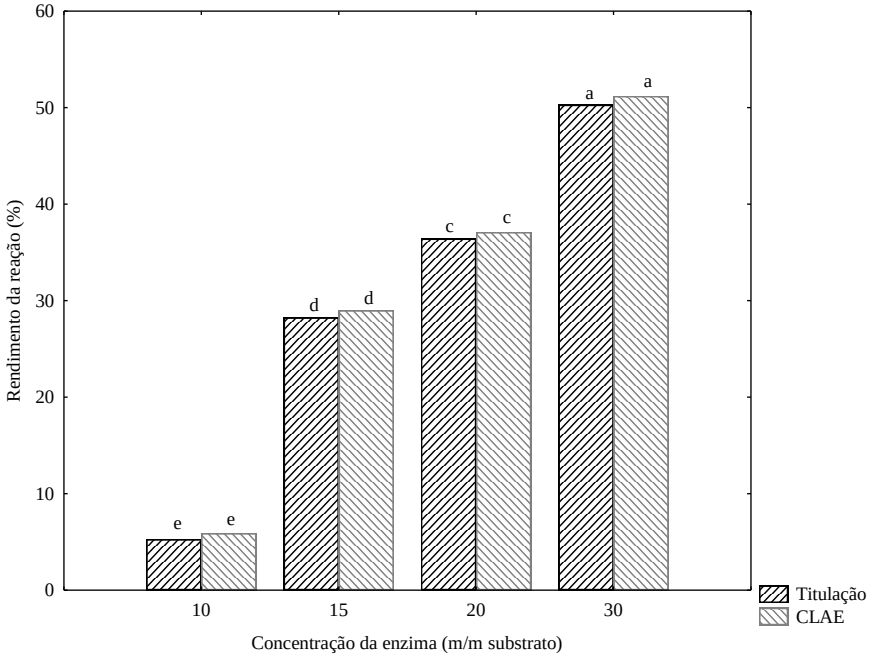

Médias acompanhadas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5 % de significância.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, duas extrações de 5 mL são suficientes para obter a concentração próxima a calculada teoricamente, apresentando diferença significativa com as demais extrações. Além disso, vale ressaltar que o erro experimental obtido foi de apenas 2,41 % quando comparado com o calculado. As extrações restantes (1 x 5 mL, 3 x 5 mL e 4 x 5 mL) apresentaram erro superior, 3,21; 4,57 e 4,75%, respectivamente, indicando desta maneira melhor eficiência para a extração de 2 x 5 mL.

### 3.2 Rendimento da reação pela metodologia CLAE e analítica

A Figura 2 apresenta os resultados, obtidos pelas diferentes metodologias, de conversão em oleato de ascorbila em diferentes concentrações da lipase NS 88011. Observa-se que não houve diferença significativa a nível de 5 % entre as quantificações realizadas pelos métodos de CLAE e pela titulação, indicando perspectiva na técnica iodométrica, já que apresentou resultado satisfatório/próximo quando comparado ao CLAE.

Figura 2 – Comparação do rendimento de produção de oleato de ascorbila em função da concentração da lipase NS 88011 pelo CLAE e titulação




Médias acompanhadas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5 % de significância.

Em relação ao efeito da concentração da enzima observa-se que com 30 % (m/m substratos) de enzima, apresentou rendimento superior de aproximadamente 51 % para ambos os métodos de quantificação.

## 4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se observar que a técnica iodometrica pode ser promissora visto que apresentou proximidade a técnica CLAE. A técnica CLAE já é relatada na literatura por diversos autores para quantificação de ascorbil ésteres, sendo esta uma técnica sofisticada, seletiva e de alto custo. Por este motivo, vale destacar a possível aplicabilidade do método desenvolvido neste estudo e importância na validação do mesmo pela eficiência obtida nos resultados e por ser uma metodologia econômica e de fácil acesso.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e URI pela concessão de bolsas e/ou apoio financeiro.

## 6. REFERENCIAS

Balen, M.; Silveira, C.; Kratz, J. M.; Simões, C. M.; Valério, A.; Ninow, J.; Nandi, L. G.; Diluccio, M.; De Oliveira, D., 2015. “Novozyms 435 catalyzed production of ascorbyl oleate in organic solvente ultrasound-assisted system”. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 4, p. 514–520.

Chazin, E. de L., 2012. “Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos”. *Revista Virtual de Química*, v. 4, n. 6, p. 872-883.

Instituto Adolfo Lutz, 2008. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*, v. 1, 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020.

Reyes-Duarte, D.; Lopez-Cortes, N.; Torres, P.; Comelles, F.; Parra, J. L; Pen, S.; Ugidos, A. V.; Ballesteros, A.; Plou, F. J., 2011. "Synthesis anda properties of ascorbyl esters catalyzed by lipozye TL IM using triglycerides as acyl donors". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 88, p. 57-64.

Song, Q.-X.; Wei, D.-Z.; Zhou, W-Y.; Xu, W-Q.; Yang, S-L, 2004. "Enzymatic synthesis and antioxidant properties of L-ascorbyl oleate and L-ascorbyl linoleate". *Biotechnology Letters*, v. 26, p. 1777–1780.

Stojanovic, M.; Carevic, M.; Mihailovic, M.; Velickovic, D.; Dimitrijevic, A.; Milosavic, N.; Bezbradica, D., 2015. "Influence of fatty acid on lipase-catalyzed synthesis of ascorbyl esters and their free radical scavenging capacity". *Biotechnology and Applied Biochemistry*, v. 62, n. 2, p. 458-466.

## 7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SÍNTESE ENZIMÁTICA DE OLEATO DE ASCORBILA

**Karine Angélica Dalla Costa[1]**
**Maria Eduarda Wlodarkievicz[2]**
**William Trentin[2]**
**Rogério Luis Cansian[1]**
**Rogério Dallago[1]**
**Jamile Zeni[1]**
**Natalia Paroul[1]**

*[1]Programa de pós-graduação de Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS*
*[2] Departamento de ciência exatas e da terra, Graduação em Engenharia química, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS*

*karinedallacosta@hotmail.com*
*mw_eduarda@hotmail.com*
*williaan.trentin@gmail.com*
*cansian@uricer.edu.br*
*dallago@uricer.edu.br*
*jamilezeni@uricer.edu.br*
*nparoul@uricer.edu.br*

***Resumo.*** *Antioxidantes quando adicionados aos alimentos controlam o processo de oxidação, bem como promovem aumento da vida de prateleira dos produtos. O ácido ascórbico é um antioxidante natural amplamente usado. Por causa da sua alta polaridade o emprego dele em alimentos (derivados de carne), é limitado. O principal objetivo do estudo é sintetizar um antioxidante natural derivado do ácido ascórbico utilizando ácido oleico como doador do grupo de acila e a lipase Novozyme 435 como biocatalisador. Para maximizar o rendimento reacional foram avaliados os efeitos da temperatura (40, 55 e 40 ºC) e concentrações da lipase (10-35% m/m substratos) em função do tempo. Também foi determinada a atividade antioxidante dos substratos e do produto obtido. A condição experimental que levou ao maior rendimento (69%) foi a temperatura 70 °C, concentração de enzima 35% (m/m substratos) com tempo reacional de 1h30min. A medida da atividade antioxidante do ácido ascórbico e do oleato de ascorbila forneceu* $IC_{50}$ *igual a 4,48 x* $10^{-4}$ *mg/ml e 0,423 mg/ml respectivamente, demonstrando o potencial de uso do ascorbil oleato como antioxidante lipofílico visto que o mesmo encontra-se na presença residual de ácido oleico necessitando de um processo de purificação para obter o produto puro.*

***Palavras-chave:*** *ácido ascórbico, esterificação enzimática, atividade antioxidante*

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de antioxidantes na indústria de alimentos tem sido amplamente estudado, pois quando adicionados aos alimentos controlam o processo de oxidação, bem como promovem um aumento da vida útil dos alimentos (Torres *et al.,* 2007).

Entre eles destaca-se o ácido ascórbico, conhecido como Vitamina C. É um composto orgânico, altamente hidrofílico, muito utilizado em uma gama de produtos alimentares, bebidas, formulações farmacêuticos e cosméticos devido a suas propriedades. Em indústrias de processamento de alimentos é largamente utilizado como antioxidante os quais evitam mudanças de cor, sabor e odor dos produtos (Pardakhty *et al.,* 2016).

Contudo, por ser hidrofílico, o emprego do ácido ascórbico em alguns produtos alimentícios é limitado. Uma das formas de alterar sua solubilidade é através da esterificação com ácidos graxos, como o ácido oleico, formando oleato de ascorbila. Segundo Watanabe *et al.* (2001), os ascorbil ésteres são compostos anfifílicos que mantêm propriedades antioxidantes do ácido ascórbico, ou seja, quando incorporados em alimentos mantem a proteção (similar ao ácido ascórbico) contra os danos oxidativos por radicais livres (Ross *et al*., 1999).

O modo comumente utilizado para a obtenção de oleato de ascorbila é mediante a acilação de ácido L-ascórbico via catálise ácida. Porém este método de síntese possui alto gasto de energia, e frequentemente conduz à formação de uma mistura de produtos que demanda de uma etapa de purificação (Humeau *et al*., 1995). Por esse motivo, um método alternativo para síntese de oleato de ascorbila é através da biocatálise. A esterificação é uma reação relativamente simples que consiste na condensação do ácido carboxílico livre e o álcool, formando éster e água, entretanto devido aos ácidos carboxílicos serem ácidos fracos, a reação é extremamente lenta, por isso se recorre à utilização de enzimas como catalisadores (Chazin, 2012; Balen *et al*., 2015).

O uso de enzimas como catalisadores vem crescendo consideravelmente, devido a sua alta especificidade (que contribui para minimizar as reações indesejáveis), ao aumento da velocidade da reação e nas condições reacionais brandas de pH, temperatura e pressão nas quais a biotransformação é realizada. Todos esses fatores resultam em um processo controlado que pode reduzir o custo energético em relação aos catalizadores não enzimáticos (Castro *et al*., 2004; Serra *et al.*, 2005; Berger, 2009).

As enzimas mais utilizadas na síntese orgânica são as lipases, sendo aplicadas em inúmeras preparações comerciais, devido a sua ampla especificidade e maior estabilidade (em comparação com outras enzimas) (Kapoor; Gupta, 2012).

Dado o exposto, o objetivo do trabalho foi realizar a síntese enzimática de oleato de ascorbila a fim de obter um antioxidante lipossolúvel.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados neste trabalho como substratos: ácido L-ascórbico (Química Moderna) ácido oleico (97% de pureza - SIGMA-ALDRICH), *terc* - Butanol (P.A. Merck), peneiras moleculares 4Å (SIGMA-ALDRICH).

A lipase imobilizada comercial Novozym 435 utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi adquirida da Novozymes/Araucária-PR.

### 2.1 Determinação do tempo reacional e da temperatura

Nesta etapa, foi determinado o tempo e temperatura de maior produção de oleato de ascorbila. A escolha das condições reacionais foram baseadas em dados descritos na literatura por Chang *et al*. (2009), Zhao *et al*. (2011) e Burham *et al*. (2009), sendo razão molar dos substratos 1:9 (ácido ascórbico: ácido oleico), concentração da enzima fixa em 35 % (m/m substratos), 2 % (m/m) de peneira molecular (4Å Sigma-Aldrich), agitação constante em Shaker de 125 rpm, com avaliação de três temperaturas 40, 55 e 40 ºC.

Alíquotas de 0,5 mL foram removidas do meio reacional nos tempos de 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 90 min (amostra destrutiva). A produção de oleato de ascorbila em função do tempo foi avaliada por Cromatografia Líquida de Alta eficiência (CLAE - Agilent 1100 series), equipado com detector UV-vis. Os seguintes acessórios e condições foram usados: coluna de fase reversa (C18, 250 × 4,6 mm, 0,5 μm), vazão de 1,0 mL $min^{-1}$, fase móvel metanol/água/ácido acético (95:5:0,1 v/v/v), o volume de injeção de 1,0 μL e detecção de UV no comprimento de onda de 254 nm. A curva de calibração foi construída com as concentrações de ácido ascórbico de 20 a 200 μg $L^{-1}$. A conversão da reação foi calculada com base na diminuição da área do substrato limitante (ácido ascórbico) e uma reação estequiométrica.

### 2.2 Determinação da concentração da lipase

Visando a redução da concentração da enzima, foram testadas diferentes concentrações da lipase 10, 15, 20, 30 e 35 % (m/m substratos). A reação de esterificação foi conduzida utilizando razão molar de 1:9 (ácido ascórbico: ácido oleico), com 2 % (m/m) de peneira molecular, temperatura de 70 °C, agitação constante de 125 rpm (shaker - Servilab SE 1208) e solvente terc-butanol.

A quantificação do produto foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência. Também foi determinada a atividade antioxidante dos substratos e do produto obtido na melhor condição (ensaios realizados em duplicata), para isso, após o término da reação foi realizada a separação do biocatalisador e da peneira por meio da filtração com papel filtro (filtro qualitativo 80x80 prolab) e posteriormente foi realizada a eliminação do ácido ascórbico e do solvente (terc-butanol) através da extração líquido-líquido com água destilada (3 vezes de 20 mL).

#### 2.2.1 Atividade antioxidante

A técnica para determinação da atividade antioxidante consiste na medida da absorção do radical 2,2 difenil-1-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm utilizando espectofotômetro (UV-Visível marca Agilent Technologies, modelo 8453E), através da incubação por 30 min de 500 μL de soluto contendo concentrações crescentes da amostra (0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 5; 7,5; 10 mg $mL^{-1}$) em etanol (êxodo cientifica 96 % de pureza). Para o controle, utiliza-se 500 μL de DPPH com 500 μL de etanol. O percentual de captação do radical DPPH é calculado em termos de porcentagem da atividade antioxidante (AA %) conforme a Equação 1 (Miranda; Fraga, 2006):

$$AA\ \% = \frac{100 - (Abs\ amostra - Abs\ do\ branco)}{Abs\ controle}\ x\ 100 \quad (1)$$

Onde:
Abs é a absorbância dada em nanômetros;
AA: Atividade antioxidante.

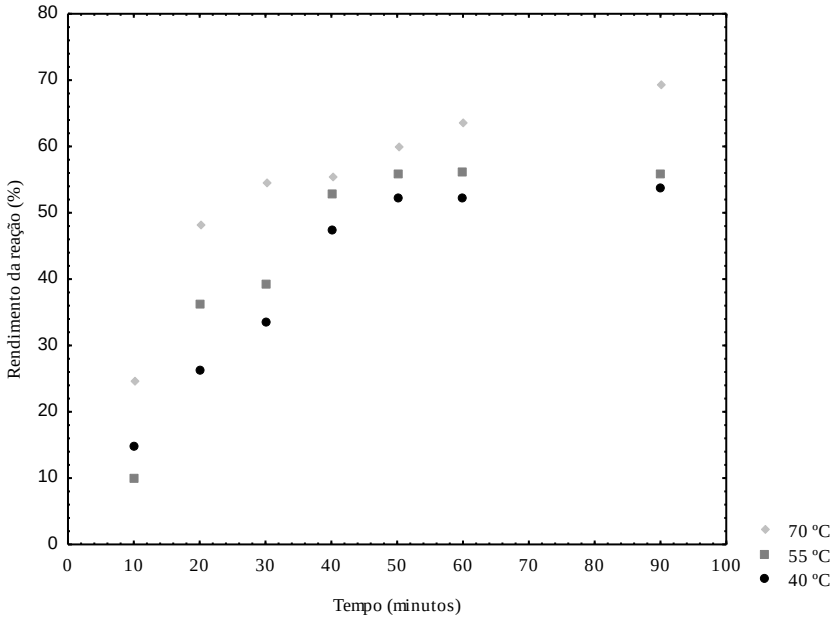
Após a avaliação da faixa de concentração ideal, calcula-se a concentração necessária para capturar 50 % do radical livre DPPH ($IC_{50}$) por análise de regressão linear.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Determinação do tempo reacional e da temperatura

Na Figura 1 pode-se verificar que o comportamento nas três temperaturas (40, 55 e 70 °C) foi semelhante, observando maior rendimento de reação para a maior temperatura (70 ºC) com conversão de 70 % em 1h30min de reação.

Figura 1 – Produção de oleato de ascorbila à 40, 55 e 40 ºC em função do tempo.




A temperatura apresenta dois importantes papéis no sistema reacional. Primeiramente, altas temperaturas podem melhorar a difusão dos substratos, solubilidade e aumento da velocidade das reações. Em segundo lugar, as enzimas possuem uma temperatura ótima de atuação, no caso a Novozym 435 está na faixa de 40 a 70 °C, sendo o seu controle fundamental para não ocasionar a desnaturação da mesma (Kristensen; Xu; Mu, 2005).

Os rendimentos reportados para a síntese enzimática de ésteres pela enzima Novozym 435 variam muito em função do sistema estudado (Balen *et al*., 2015). São encontrados rendimentos variando de 35 % para ascorbil palmitato (Lerin *et al*., 2011) até 96 % para o caso da produção de palmitato de 2-etilexila (Richetti, 2009).

Silveira (2015) estudou três temperaturas (50, 60 e 70 ºC) para produção de oleato de ascorbila utilizando Novozym 435 e também verificou maior conversão (66 %) na temperatura maior em 3 h de reação.

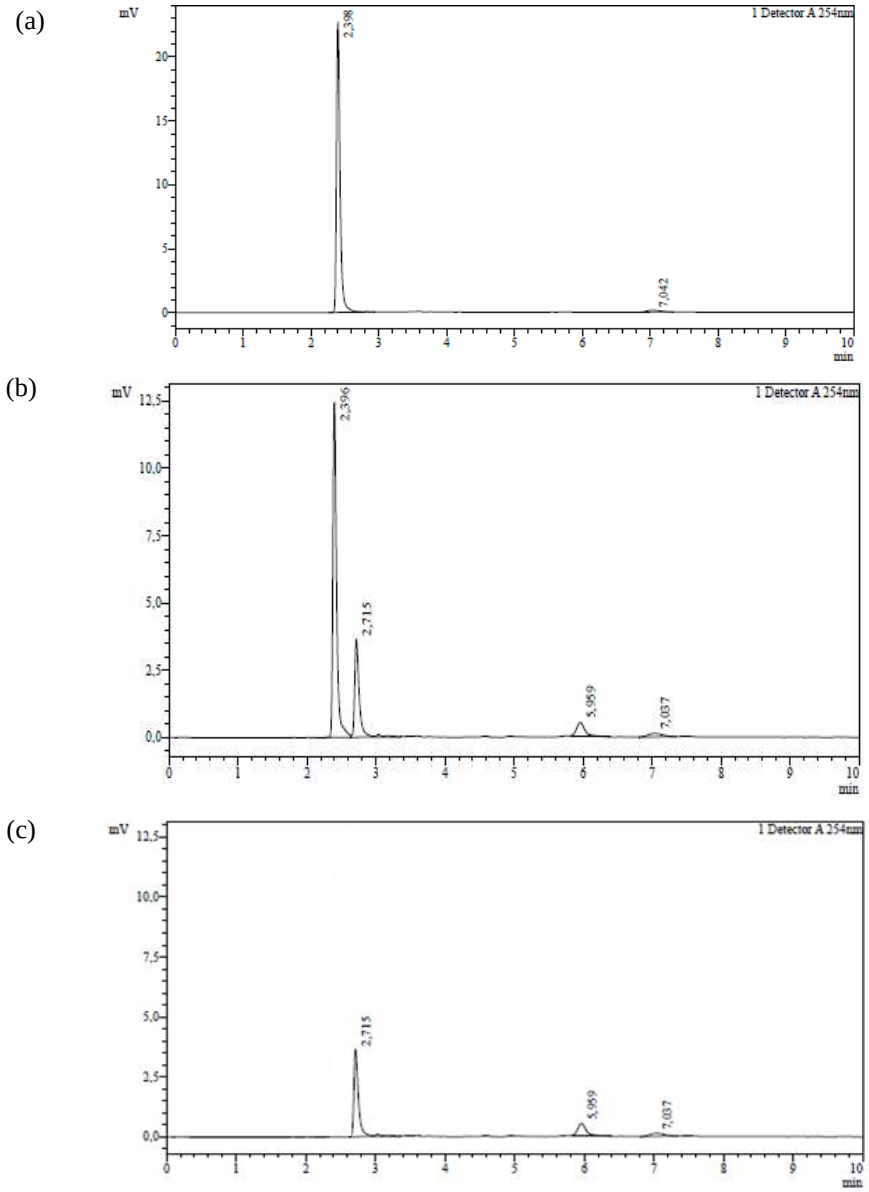
Para a realização da quantificação do produto, as reações foram submetidas ao CLAE. Além da formação de produto, pode-se visualizar a eficiência da extração líquido-líquido para remoção do ácido ascórbico. Os cromatogramas analíticos são exibidos na Figura 2, sendo apresentado o branco (mistura dos reagentes sem reagir (a)), reação final (b) e reação final após a extração líquido-líquido (c).

Na Figura 2b, percebe-se a diminuição da área do substrato limitante (ácido ascórbico) no tempo de 2,39 quando comparado a Figura 2a, indicando o consumo de ácido ascórbico, sendo por meio deste a quantificação de formação de

produto. Além disso, observa-se a formação de um novo pico após a reação em 2,715, sendo este pico o possível produto.

A eficiência da extração líquido-liquido realizada neste estudo pode ser observada também (Figura 2c), pelo pico no tempo de retenção 2,39 não estar presente no cromatograma, indicando que houve a remoção total do ácido ascórbico presente no final da reação, não influenciando desta maneira na atividade antioxidante.

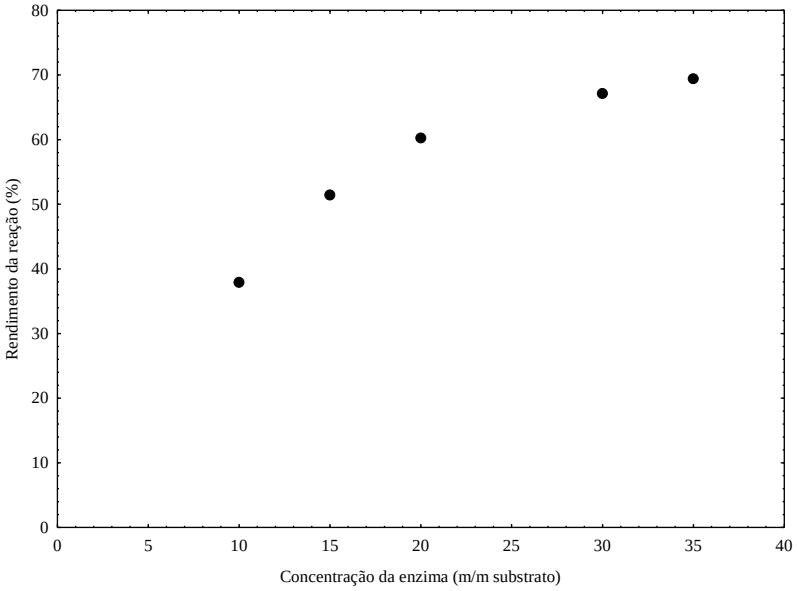
Figura 2 - Cromatograma da mistura dos substratos: ácido ascórbico e ácido oleico antes da reação (branco) (a), mistura reacional depois de 1h30min da reação (b), mistura reacional depois de 1h30 minutos de reação e extração do ácido ascórbico remanescente (c)




### 3.2 Determinação da concentração das lipases

A Figura 3 apresenta os resultados de conversão em oleato de ascorbila obtidos com diferentes concentrações da lipase Novozym 435, usando razão molar ácido ascórbico: ácido oleico 1:9, temperatura 70 ºC, 2 % de peneira molecular, solvente terc-butanol e agitação constante em shaker a 125 rpm por 1h30min.. Como pode ser observado, o maior rendimento (~70 %) foi obtido usando 35 % (m/m substratos) de enzima. Para confirmar a ação catalítica das lipases foi realizada uma reação de esterificação nas mesmas condições, mas sem uso de biocatalisador. Neste teste, nenhum consumo de substrato foi observado, indicando que não houve conversão.

Figura 3 - Rendimento de produção de oleato de ascorbila em função da concentração da lipase Novozym 435




Nota-se na Figura 3 que houve um aumento do rendimento da reação proporcional ao aumento da concentração da enzima, isso é possível, pois o aumento da quantidade de enzima favorece o aumento da velocidade da reação (Rodrigues, 2009). Chang *et al*. (2009) em seus estudos de otimização para a produção de ascorbil laureato observaram rendimento máximo de 93,2 % com tempo de reação de 6,7 h, temperatura 30,6 ºC, razão molar 1:4,3, com 34,5 % de Novozym 435, quantidade de enzima semelhante a reportada neste estudo.

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados antioxidantes em $IC_{50}$ dos substratos e do produto na melhor condição de rendimento.

Tabela 1 - Resultados das atividades antioxidantes dos substratos ácido ascórbico e ácido oleico e do produto oleato de ascorbila.

| Amostra | $IC_{50}$ (mg $mL^{-1}$) |
|---|---|
| Ácido ascórbico | $4{,}48x10^{-4}$±6,37 |
| Ácido oleico* | - |
| Produto oleato de ascorbila | 0,423±0,0795 |

* não apresentou atividade antioxidante acima de 50 %

Observando $IC_{50}$ dos substratos (ácido ascórbico e ácido oleico), verificou-se que o ácido ascórbico apresenta potencial antioxidante com $IC_{50}$ de $4{,}48x10^{-4}$ mg $mL^{-1}$, valor próximo encontrado por Verruck (2012) e Negri, Possamai e Nakashima (2009) ($2{,}5x10^{-4}$ e $4{,}4x10^{-4}$ mg $mL^{-1}$), respectivamente. Já o ácido oleico não apresentou concentração capaz de inibir 50 % da atividade do DPPH ($IC_{50}$) demonstrando não possuir propriedades antioxidantes. Observando o $IC_{50}$ do oleato de ascorbila, verificamos que houve uma grande diminuição quando comparado ao ácido ascórbico, podendo esta diminuição estar atribuída a um efeito inibidor do ácido oleico, necessitando desenvolver um processo de purificação para obter o produto puro e consequentemente com maior capacidade antioxidante.

## 4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se observar a influência da temperatura e da concentração de enzima no sistema reacional para a obtenção do éster. Além disso, ressalta-se que o oleato de ascorbila formado neste estudo possui um nível substancial de atividade antioxidante, destacando a sua possível utilização em alimentos lipossolúveis.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e URI pela concessão de bolsas e/ou apoio financeiro.

## 6. REFERENCIAS

Balen, M.; Silveira, C.; Kratz, J. M.; Simões, C. M.; Valério, A.; Ninow, J.; Nandi, L. G.; Diluccio, M.; De Oliveira, D., 2015. "Novozyms 435 catalyzed production of ascorbyl oleate in organic solvente ultrasound-assisted system". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 4, p. 514–520.

Berger, R.G., 2009. "Biotechnology of flavours – the next generation". *Biotechnology letters*, v.31, p.1751-1659.

Burham, H.; Rasheed, R. A. G. A.; Noor, N. M.; Badruddin, S.; Sider, H., 2009. "Enzymatic synthesis of palm-based ascorbyl esters". *Journal of molecular catalysis B: enzymatic*, v.58, p. 153-157.

Castro, H.F.; Mendes, A.A.; Santos, J.C., 2004. "Modificação de óleos e gorduras por biotransformação". *Química Nova*, v. 27, p. 146-156.

Chang, S.W.; Yang, C. J.; Chen, F.Y.; Akoh, C. C.; Shieh, C. J., 2009. "Optimized synthesis of lipase-catalyzed l-ascorbyl laurate by Novozym® 435". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v.56, n.1, p.7-12.

Chazin, E. de L., 2012. "Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos". *Revista Virtual de Química*, v. 4, n. 6, p. 872-883.

Humeau, C.; Girardin, M.; Coulon, D.; Miclo, A., 1995. "Synthesis of 6-O-palmitoyl L-ascorbic acid catalyzed by *Candida antarctica* lipase". *Biotechnology Letters***,** v. 17, p.1091-1094.

Kapoor, M.; Gupta, M. N., 2012. "Lipase promiscuity and its biochemical applications". *Process Biochemistry***,** v. 40, p. 1-15.

Kristensen, J.B.; Xu, X.; Mu, H., 2005. "Diacylglycerol Synthesis by Enzymatic Glycerolysis: Screening of Commercially Available Lipases". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 82, p.329-334.

Lerin, L.A.; Feiten, M.C.; Richetti, A.; Toniazzo, G.; Treichel, H.; Mazutti, M.A.; Oliveira, J.V.; Oestreicher, E.G.; Oliveira D., 2011. "Enzymatic synthesis of ascorbyl palmitate in ultrasound-assisted system: process optimization and kinetic evaluation". *Ultrasonics Sonochemistry***,** v. 18, p. 988–996.

Miranda, A. L. P.; Fraga, C. A. M., 2006. "Atividade seqüestradora de radical livre determinação do potencial antioxidante de substâncias bioativas". In: MONGE, A.; GANELLIN, C. R. *Pratical Studies for Medicinal Chemistry*, p.79-82.

Negri, M. R. S.; Possamai, J. C.; Nakashima, T., 2009. "Atividade antioxidante das folhas de espinheira-santa - Maytenus ilicifolia Mart. secas em diferentes temperaturas". *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 19, p. 553-556.

Pardakhty, A; Ahmadzadeh, S.; Avazpour, S.; Gupta, V. K., 2016. "Highly sensitive and efficient voltammetric determination of ascorbic acid in food and pharmaceutical samples from aqueous solutions based on nanostructure carbon paste electrode as a sensor". *Journal of Molecular Liquids*, v. 216, p. 387–391.

Richetti, A. *Esterificação enzimática de palmitato de 2-etilexila em sistema livre de solvente.* 2009. 101 f. Dissertação (mestrado em Tecnologia de processos químicos e bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de janeiro, Brasil.

Rodrigues, R. C. *Síntese de biodiesel através de transesterificação enzimática dos óleos vegetais catalisada por lipase imobilizada por ligação covalente multipontual.* 2009. 183 f. Tese (Doutorado em engenharia química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Ross, D.; Mendiratta, S.; Qu, Z.-C.; Cobb, C.E.; May, J., 1999. "Ascorbate 6-palmitate protects human erythrocytes from oxidative damage". *Free Radical Biology and Medicine*, v. 26, p. 81-89.

Serra, S.; Fuganti, C.; Brenna, E., 2005. "Biocatalytico preparation of natural flavours and fragrances". *Trends Biotechnol*, v. 23, p. 193-198.

Silveira, C. *Síntese enzimática de ascorbil oleato em sistema assistido por ultrassom*. 2015. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

Torres, A. De P.; Peñalver, P.; Pérez-Victoria, I.; Rondon, D.; Morales, J.C., 2007. "Synthesis of new phenolic fatty acid esters and their evaluation as lipophilic antioxidants in an oil matrix". *Food Chemistry*, v. 105, p. 657-665.

Verruck, S. *Caracterização química, atividade antioxidante e antimicrobiana de três espécies de frutos do gênero Campomanesia sp.* 2012. 75 f. Trabalho de conclusão de curso Tecnologia de alimentos, Concórdia, Brasil.

Watanabe, Y.; Adachi, S.; Fujii, T.; Nakanishi, K.; Matsuno, R., 2001. "Surface Activity of 6-*O*-Hexanoyl, Octanoyl, Decanoyl and Dodecanoyl Ascorbates". *Japan Journal of Food Engineering*, v. 2, n. 2, p. 73-75.

Zhao, H.; Zhang, Y.; Lu, F.; Bie, X.; Lu, Z.; Ning, H., 2011. "Optimized enzymatic synthesis of ascorbyl esters from lard using Novozym 435 in co-solvent mixtures". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 69, p. 107–111.

## 7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO DA IMOBILIZAÇÃO DA LIPASE DE *Candida antarctica B* (CAL B) EM MATRIZ HIDROFÓBICA XEROGEL COM USO DE TMOS COMO PRECURSOR DA SÍLICA E PVA COMO ADITIVO

**Leonardo Meirelles da Silva***
**Angela Antunes**
**Thais Comin**
**Jamile Zeni**
**Rogério Marcos Dal Lago**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, Av. Sete de Setembro, 1621 – Erechim, RS – Brasil.
*leonardomeirelesdasilva@gmail.com

***Resumo:*** *Enzimas são proteínas que atuam como catalisadores e são polipeptídios constituídos de resíduos de aminoácidos. As lipases são biocatalisadores versáteis que são usados nas reações de hidrólises de óleos e gorduras além de serem capazes de catalisar as reações de esterificação, transesterificação e interesterificação. A imobilização pelo processo sol-gel é um processo que reserva a atividade enzimática e impede a lixiviação da enzima, além de trazer inúmeras outras vantagens como a possibilidade de reutilização devido à sua melhor estabilidade catalítica. A matriz hidrofóbica xerogel é obtida através da secagem por evaporação à temperatura e pressão normais da suspensão sol-gel. O uso de aditivos na imobilização de enzimas é um agente que influencia de maneira positiva no aumento da atividade e estabilidade enzimáticas, entretanto, objetivou-se verificar através de um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) $2^2$ qual o melhor percentual de aditivo álcool polivinílico (PVA) e a melhor concentração de enzima que codificam as maiores atividades da imobilização da lipase de Candida antarctica B (CALB) em matriz hidrofóbica xerogel. A construção da superfície de resposta e curvas de contorno identificam como 3,61% de aditivo e 1,22mL de enzima, os melhores pontos do planejamento, cujos modelos foram estatisticamente validados e gerando um rendimento de imobilização de 601,34%.*

***Palavras-chave:*** *enzima, imobilização, otimização, xerogel.*

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de lipases como catalisadores de reações da indústria química é cada vez mais aplicado, devido sua capacidade em modificar a velocidade de uma reação sem alterar o produto final. Entretanto, as enzimas na sua forma livre possuem um curto tempo de vida, o que limita a sua utilização, as quais podem ser afetadas por diversos fatores como temperatura e pH, que podem causar desnaturação, perdendo seu poder catalítico e impedir o seu reuso.

As enzimas podem ser imobilizadas sobre uma ampla variedade de suportes naturais ou sintéticos, a seleção do suporte e/ou a técnica depende da natureza da enzima, do substrato e da aplicação (BUGA et al., 2010).

O processo sol-gel é usado para a fabricação de vidro e materiais cerâmicos, em que a solução (sol) evolui gradualmente para a formação de um gel como rede que contém um líquido e de fase sólida (HENCH e WEST, 1990). Técnicas de sol-gel tornaram-se muito populares recentemente, devido à sua homogeneidade química elevada, temperaturas de processamento baixas, e a possibilidade de controlar o tamanho e a morfologia das partículas. Os materiais derivados de sol-gel proporcionam excelentes matrizes para uma variedade de compostos orgânicos e compostos inorgânicos. As vantagens da tecnologia de sol-gel são usadas nos campos de sensores biomédicos, materiais de laser, e para aplicações de entrega de drogas sustentados (HENCH e WEST, 1990).

A imobilização da enzima no interior das matrizes produzidas pelo processo de sol-gel é uma técnica vantajosa, pois reserva a atividade enzimática e evita a sua lixiviação (ALFAYA e KUBOTA, 2002).

A secagem por evaporação normal da suspensão coloidal, provoca o surgimento de uma pressão capilar, levando ao encolhimento da rede do gel. Isto resulta na formação do xerogel. Da própria palavra, “xero” significa secar, daí pode-se de maneira simples, assumir que xerogel é simplesmente um gel que foi seco sob condições normais de temperatura e pressão (BRINKER e SCHERER, 1990).

A utilização de aditivos para estabilizar enzimas dentro da matriz sol-gel como açúcares, aminoácidos, polióis e agentes tensoativos têm sido utilizados para aumentar a atividade e estabilidade de várias enzimas imobilizadas por alteração da hidratação da enzima ou redução do encolhimento do gel. Eles também podem afetar as propriedades físicas do gel através da participação em reações de condensação com grupos silanol livres (REETZ et al., 2003; SOARES et al., 2006).

São exemplos de aditivos eficientes utilizados para imobilização de lipases nos suportes obtidos pela técnica sol-gel: o polietilenoglicol (PEG), líquidos iônicos (LIs), álcool polivinílico (PVA), caseína, gelatina e albumina (REETZ; ZONTA; SIMPELKAMP, 1996; VILLENEUVE et al., 2000; SOARES et al., 2003, 2004 e 2005; HARA et al., 2010).

A escolha do aditivo a ser utilizado no processo de imobilização, está associada ao tipo de fenômeno no sistema imobilizado, tais como: proteção da enzima contra a inativação durante a etapa de imobilização; retenção da camada de água ao redor do biocatalisador, efeitos dispersantes das moléculas da enzima e facilitadores de transporte de massa (SOARES et al., 2005; HARA et al., 2010).

O álcool polivinílico (PVA) apresenta boas características para aplicação na imobilização de enzimas, devido a sua grande área de superfície, alta porosidade, estabilidade térmica, óptica e química (LIMA-BARROS et al., 2002).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o processo de otimização da lipase, através um planejamento fatorial DCCR $2^2$ de *Candida antarctica B* (CALB) imobilizada na matriz hidrofóbica xerogel e com a utilização do aditivo álcool polivinílico (PVA) em diferentes concentrações.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Síntese da sílica e imobilização da lipase CALB em xerogel

A metodologia utilizada para a preparação dos suportes foi adaptada da descrita por Macario et al. (2009). Os suportes foram preparados solubilizando 1,4578 g de Brometo de Cetiltrimetilamônio em água, solução enzimática (0,18 g/mL) e em algumas amostras solução do aditivo PVA. Essa solução foi submetida por 1 h sob agitação em agitador orbital (shaker), a temperatura ambiente, 300 rpm. Após este período, foi adicionado 3,695 mL de TMOS e 0,075 mL de etanolamina. Posteriormente, a solução foi submetida novamente a agitação, em agitador orbital (shaker), a temperatura branda (25ºC), 300 rpm, por um período de 24 h para completar a secagem do biocatalisador imobilizado.

Para obtenção do xerogel, após as 24 h, o suporte foi colocado em dessecador a vácuo (temperatura ambiente) por um período de 24 h para completar a secagem por evaporação. Após a secagem em condições brandas de temperatura e pressão obteve-se a lipase imobilizada na sílica, denominada de xerogel imobilizado.

### 2.2 Influência da porcentagem de PVA e da concentração de enzima na atividade de esterificação do imobilizado

Com finalidade de avaliar a influência do aditivo PVA e concentração de enzima na atividade de esterificação do imobilizado, foi realizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) $2^2$ com triplicata do ponto central.

Os resultados para atividade de esterificação obtidos no planejamento assim como nos estudos dos imobilizados com PEG, os resultados para o estudo do PVA foram analisados através de Análise de Variância e Metodologia de Superfície de Resposta utilizando-se o módulo *Experimental Design do Software Statistica 5.0*.

### 2.3 Atividade enzimática de esterificação

A atividade de esterificação foi quantificada através da reação de síntese de oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 (mistura padrão), conforme descrito na literatura (FERRAZ et al., 2012) A reação foi iniciada pela adição da enzima imobilizada ou livre (aproximadamente 0,1 g) em 5 mL da mistura padrão. A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados a 40 °C, em agitador orbital a 160 rpm, durante 40 min. Alíquotas de 500 µL foram retiradas do meio reacional em triplicata. A cada amostra foram adicionados 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1) (v/v) para inativar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido foi quantificada por titulação com NaOH 0,05 mol/L até o meio atingir pH 11 (ponto de equivalência do ácido oleico). Os ensaios dos brancos das amostras continham 500 µL da mistura padrão e 15 mL da solução de acetona-etanol.

Uma unidade de atividade enzimática (U/g) foi definida como a quantidade de enzima que consome 1 µmol de ácido graxo por minuto, calculada pela Equação 1:

$$AE = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 1000 \times V_f}{t \times m \times V_c} \qquad (1)$$

Onde:
AE: Atividade de esterificação (U/g);
Va: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL);

Vb: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL);
M: Molaridade da solução de NaOH;
Vf : Volume final de meio reacional (mL);
t: Tempo (minutos);
m: Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g);
Vc: Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

### 2.4 Determinação do rendimento de imobilização

O rendimento do imobilizado foi calculado considerando a atividade total da enzima livre em solução ofertada ao sistema (a qual considera o volume de extrato enzimático empregado no ensaio de imobilização e atividade da enzima livre (U/mL)) e a atividade total presente no derivado imobilizado (o qual considera a massa total de imobilizado produzido e atividade do derivado imobilizado (U/g)) de acordo com a Equação 2.

$$R\ (\%): \frac{U_x}{U_0} x100 \qquad (2)$$

Onde:
R (%): Rendimento do imobilizado;
$U_x$: Atividade de esterificação total do derivado imobilizado;
$U_0$: Atividade de esterificação total presente na massa de enzima livre adicionada na imobilização.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Influência da porcentagem de aditivo e da concentração de enzima na atividade de esterificação do imobilizado

Foi construído (DCCR) $2^2$ para estudar o processo de imobilização. As variáveis, porcentagem de aditivo e concentração de enzima, foram estudadas a fim de se obter a máxima atividade de esterificação. Os resultados obtidos para cada experimento realizado encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. DCCR $2^2$ em função das variáveis porcentagem de aditivo (PVA) e concentração de enzima na atividade de esterificação do imobilizado em xerogel

| Experimento | $X_1$ (%) | $X_2$ (mL) | Média AE ± DPad |
|---|---|---|---|
| **1** | -1 (1) | -1 (0,5) | 167,86 ± 30,99 |
| **2** | -1 (5) | +1 (0,5) | 295,99 ± 30,81 |
| **3** | +1 (1) | -1 (1,5) | 314,10 ± 13,60 |
| **4** | +1 (5) | +1 (1,5) | 585,55 ± 11,63 |
| **5** | -1,41 (0,18) | 0 (1) | 457,87 ± 32,50 |
| **6** | +1,41 (5,82) | 0 (1) | 536,44 ± 30,22 |
| **7** | 0 (3) | -1,41 (0,295) | 188,82 ± 31,22 |
| **8** | 0 (3) | +1,41 (1,705) | 646,98 ± 33,55 |
| **9** | 0 (3) | 0 (1) | 699,54 ± 18,65 |
| **10** | 0 (3) | 0 (1) | 694,36 ± 18,08 |
| **11** | 0 (3) | 0 (1) | 695,36 ± 11,59 |

$X_1$: Porcentagem de aditivo; $X_2$: quantidade de solução enzimática

Todos os fatores avaliados foram estatisticamente validados ($p \leq 0,05$) no que se refere à atividade de esterificação dos imobilizados. Observa-se que as duas variáveis têm efeito positivo sobre esta, o que indica que aumento na porcentagem do aditivo e na concentração da enzima afetarão positivamente a atividade.

A análise de variância e demonstra que se obteve um coeficiente de regressão de 0,95 e F calculado maior que F tabelado, permitindo, dessa forma, a construção do modelo matemático (Equação 2) e das curvas de contorno (Figura 1) para variáveis, porcentagem de aditivo e concentração de enzima.

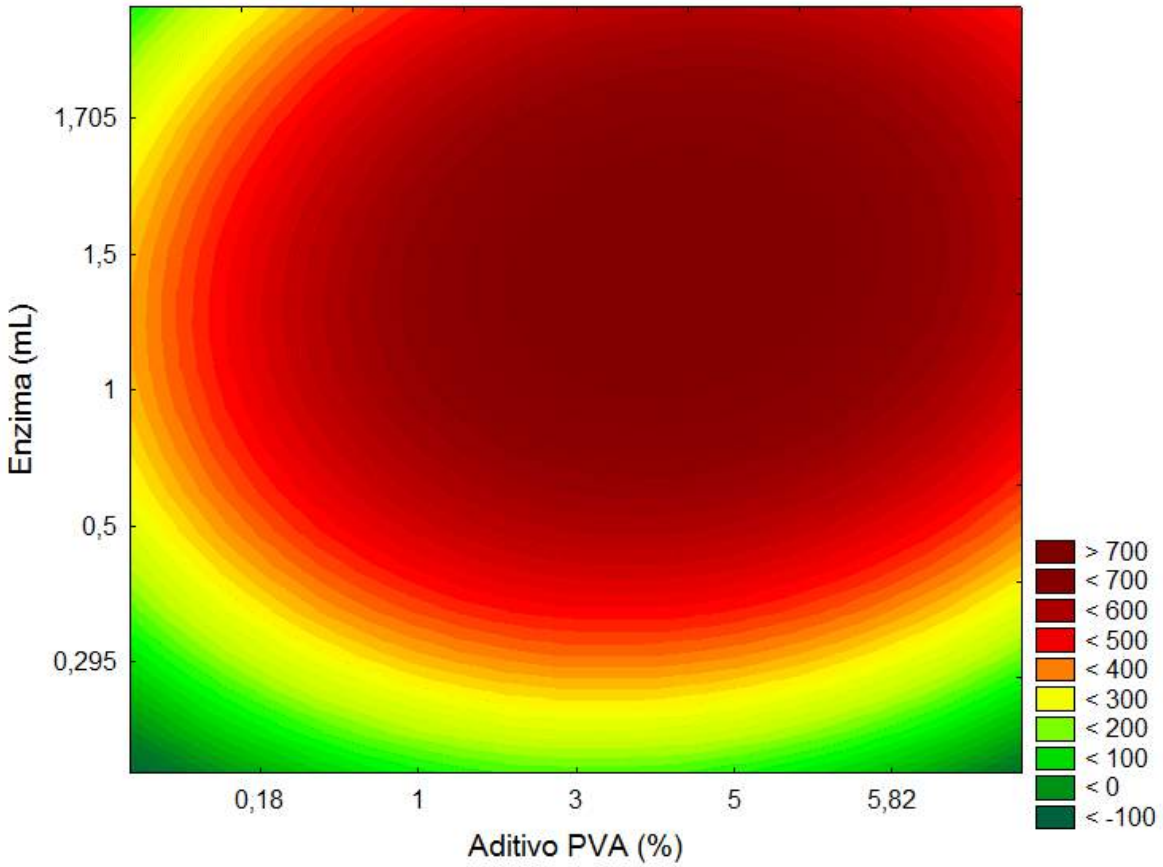



Figura 1. Curva de contorno para a atividade de esterificação em função das variáveis porcentagem de aditivo (PVA) e concentração de enzima.

$$AE = 476,59 + 129,92x_1 - 92,04{x_1}^2 + 30,68x_2 - 127,01\,{x_2}^2 - 25,00x_1x_2 \quad (3)$$

A porcentagem de aditivo ($X_1$) e concentração de enzima ($X_2$) para máxima atividade de esterificação foi calculada por meio da solução de um sistema linear de ordem 2x2. Este sistema foi obtido pelas derivadas parciais do modelo em relação as duas variáveis e igualadas a zero. As atividades de esterificação máximas da lipase imobilizada foram obtidas nos níveis codificados 0,3069 e 0,4335 para frequência e respectivamente. Esses níveis codificados correspondem aos valores 3,61% de porcentagem do aditivo em relação ao peso total do suporte e 1,22 mL de concentração de enzima.

Nova imobilização enzimática foi realizada utilizando os valores obtidos como ótimos no planejamento e a atividade de esterificação deste imobilizado encontrada experimentalmente correspondeu ao valor teórico do modelo, validando-o, tendo um rendimento de imobilização de 601,34%.

## 4. CONCLUSÃO

A imobilização da lipase em xerogel com o aditivo álcool polivinílico mostrou-se eficiente após a construção do planejamento fatorial DCCR $2^2$, onde verificou-se que as duas variáveis (porcentagem de aditivo e concentração de enzima) interferem de maneira positiva na imobilização.

Com a construção da superfície de resposta e curvas de contorno identifica-se o ponto na qual tem-se maior atividade enzimática, sendo nos valores de 3,61% de aditivo PVA e 1,22mL de concentração enzimática. Tais dados, estatisticamente validados, após serem utilizados em nova imobilização resultaram em um rendimento de 601,34%.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI – Campus Erechim, CAPES e CNPq.

## 6. REFERÊNCIAS

ALFAYA, A.; KUBOTA, L.T.A. Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel na construção de biossensores. Química Nova. 25: 835-841, 2002.

BRINKER, C. J.; SCHERER, G. W. Sol-Gel Science- The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing. Academic Press. Inc.: San Diego, 1990.

BUGA, M.; IBRAHIM, S.; NOK, A. Physico-chemical characteristics of immobilized polygalacturonase from Aspergillus niger (SA6), African Journal of Biotechnology, v. 9, n. 52, p. 8934-8943, 2010.

FERRAZ, L. R.; OLIVEIRA, D. S.; SILVA, M. F.; RIGO, E.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, D.; TREICHEL, H. Production and partial characterization of multifunctional lipases by Sporobolomyces ruberrimus using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology , v. 1, p. 243-252, 2012.

HARA, P.; MIKKOLA, J. P.; MURZIN, D. Y.; KANERVA, L. T. "Supported ionic liquids in Burkholderia cepacia lipase-catalyzed asymmetric acylation. Journal of molecular catalysis B: enzymatic, vol. 67, p. 129-134, 2010.

HENCH, L.L.; WEST, J.K. The sol-gel process. Chemistry Revive. 90: 33-72, 1990.

LIMA-BARROS, A.E. et al. Polysiloxane/PVA-glutaraldehyde hybrid composite as solid phase for immunodetections by ELISA. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v. 35, p. 459-463, 2002.

MACARIO, A.;MOLINER, M.; CORMA, A.;GIORDANO, G. Increasing stability and productivity of lipase enzyme by encapsulation in a porous organic–inorganic system. Microporous and mesoporous materials, v. 118, p. 334–340, 2009.

REETZ, M. T.; TIELMANN, P.; WISENHOFER, W.; KONEN, W.; ZONTA, A. Second Generation Sol-Gel Encapsulated Lipases: Robust Heterogeneous Biocatalysts. Advanced Synthesis e Catalysis, v. 345, p. 717-728, 2003.

REETZ, M. T.; ZONTA, A.; SIMPELKAMP, J. Efficient immobilization of lipases by entrapment in hydrophobic sol-gel materials. Biotechnology and Bioengineering, v. 49, p. 527-534, 1996.

SOARES, C. M. F.; SANTOS, O.A.; DE CASTRO, H.F.; MORAES, F.F.; ZANIN, G.M. Characterization of sol–gel encapsulated lipase using tetraethoxysilane as precursor. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 39: 69–76, 2006.

SOARES, C. M. F.; SANTANA, M. H. A.; ZANIN, G. M.; CASTRO, H. F. Efeito do polietilenoglicol e da albumina na imobilização de lipase microbiana e na catálise em meio orgânico. Química Nova, São Paulo, v. 26, n. 6, p. 832-838, 2003.

SOARES, C. M. F.; SANTOS O.A.; CASTRO, H.F.; MORAES, F.F.; ZANIN, G.M. Studies on lipase immobilization in hydrophobic sol-gel matrix. Applied Biochemistry and. Biotechnology, v. 113, p.307-319, 2004.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA ESTABILIDADE DE ARMAZENAMENTO DA IMOBILIZAÇÃO DE *Candida antarctica B* (CAL B) EM MATRIZ HIDROFÓBICA SONOGEL COM USO DE TMOS COM PRECURSOR DA SÍLICA E PEG COMO ADITIVO

**Leonardo Meirelles da Silva***
**Angela Antunes**
**Thais Comin**
**Jamile Zeni**
**Rogério Marcos Dal Lago**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, Av. Sete de Setembro, 1621 – Erechim, RS – Brasil.
*leonardomeirelesdasilva@gmail.com

***Resumo:*** *As enzimas, na sua grande maioria, são proteínas que atuam como catalisadores alterando a velocidade de uma reação química em até 1020 vezes, comparado às reações não catalisadas. As lipases são biocatalisadores versáteis que são usados nas reações de hidrólises de óleos e gorduras, entretanto, sob condições reacionais específicas, também são capazes de catalisar as reações de esterificação, transesterificação e interesterificação. O principal interesse em imobilizar uma enzima é obter um biocatalisador com atividade e estabilidade que não sejam afetadas durante o processo, em comparação à sua forma livre. Em geral, a imobilização oferece uma série de vantagens e as razões para a escolha de um derivado imobilizado variam de aplicação para aplicação, incluindo: utilização da atividade catalítica por um maior período de tempo; possibilidade de operação contínua do processo, com maior facilidade de controle; facilidade de separação do produto final; em alguns casos, ocorre modificação favorável das propriedades catalíticas da enzima como, por exemplo, maior estabilidade ao pH e à temperatura, entre outros. A análise da estabilidade de armazenamento da lipase por meio da atividade residual, nas condições de temperatura ambiente ou de refrigeração (2 – 5°C) é maior em menor temperatura e ainda, na presença do aditivo PEG, superando 365 dias com atividade residual de 50%.*

***Palavras-chave:*** *enzima, imobilização, armazenamento, sonogel.*

## 1. INTRODUÇÃO

As enzimas são catalisadores biológicos importantes utilizados em diversos tipos de reações. São responsáveis por acelerarem e/ou induzirem reações químicas. Este fato ocorre através da diminuição da energia de ativação, ou seja, ocorre a diminuição da energia necessária para a realização da reação química.

As lipases são enzimas que catalisam hidrólise de gorduras e óleos, liberando ácidos graxos, diacilgliceróis, monoacilgliceróis e glicerol. Atuam também em reações de esterificação e interesterificação entre outras, e são altamente seletivas, sendo biocatalisadores aplicáveis à produção de diversos produtos (ZANETTE *et al*., 2014).

Segundo Abdelmajeed *et al*. (2012), a imobilização de enzimas é uma técnica valiosa, pois permite obter derivados enzimáticos facilmente reutilizáveis, com maiores tempos de meia vida e menor degradação; tem-se um método simples de controlar a velocidade e o período de início e término da reação, além de auxiliar na prevenção da contaminação do substrato com os compostos enzima/proteína ou de outro tipo, o que diminui os custos de purificação.

A imobilização da enzima no interior das matrizes produzidas pelo processo de sol-gel é uma técnica vantajosa, pois reserva a atividade enzimática e evita a sua lixiviação (ALFAYA e KUBOTA, 2002).

O processo sol-gel é um método de baixa temperatura, o que tem sido utilizado para preparar com êxito géis de silicato de hidrólise ácida ou básica, seguida por policondensação (VOLLET *et al*., 2003).

A utilização de aditivos para estabilizar enzimas dentro da matriz sol-gel como açúcares, aminoácidos, polióis e agentes tensoativos têm sido utilizados para aumentar a atividade e estabilidade de várias enzimas imobilizadas por alteração da hidratação da enzima ou redução do encolhimento do gel. Eles também podem afetar as propriedades físicas do gel através da participação em reações de condensação com grupos silanol livres (REETZ *et al*., 2003; SOARES *et al*., 2006).

São exemplos de aditivos eficientes utilizados para imobilização de lipases nos suportes obtidos pela técnica sol-gel: o polietilenoglicol (PEG), líquidos iônicos (LIs), álcool polivinílico, caseína, gelatina e albumina (REETZ; ZONTA; SIMPELKAMP, 1996; VILLENEUVE *et al*., 2000; SOARES *et al*., 2003, 2004 e 2005; HARA *et al*., 2010).

A reutilização de enzimas imobilizadas é uma excelente abordagem para química verde, além de possibilidade de redução do custo do processo e da quantidade necessária desses biocatalisadores, em geral de alto valor agregado (ANDRADE *et al*., 2010).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade de armazenamento da lipase de *Candida antarctica B* (CALB) imobilizada na matriz hidrofóbica sonogel e com a utilização do aditivo PEG, que contribui positivamente com a atividade enzimática.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Imobilização

A metodologia utilizada para a preparação dos suportes foi adaptada da descrita por Macario *et al*. (2009). Os suportes foram preparados solubilizando brometo de cetiltrimetilamônio em água, solução enzimática e em algumas amostras solução do aditivo PEG 1500. Essa solução foi submetida por 1 h sob agitação (300 rpm) em agitador orbital (shaker) a temperatura ambiente (25°C). Após este período, adicionou-se o precursor da sílica tetrametilortosilicato (TMOS) e a etanolamina. Posteriormente, a solução foi submetida ao tratamento de banho ultrassônico (para formação do sonogel), onde estudou-se diferentes tempos de contato (0, 30, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 min). Após transcorridos os tempos de estudo as amostras foram submetidas novamente a agitação (nas condições já descritas) por mais 24h para completar a secagem do biocatalisador imobilizado.

### 2.2 Atividade enzimática de esterificação

A atividade de esterificação foi quantificada através da reação de síntese de oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 (mistura padrão), conforme descrito na literatura (FERRAZ *et al*., 2012) A reação foi iniciada pela adição da enzima imobilizada ou livre (aproximadamente 0,1 g) em 5 mL da mistura padrão. A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados a 40 °C, em agitador orbital a 160 rpm, durante 40 min. Alíquotas de 500 µL foram retiradas do meio reacional em triplicata. A cada amostra foram adicionados 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1) (v/v) para inativar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido foi quantificada por titulação com NaOH 0,05 mol/L até o meio atingir pH 11 (ponto de equivalência do ácido oleico). Os ensaios dos brancos das amostras continham 500 µL da mistura padrão e 15 mL da solução de acetona-etanol.

Uma unidade de atividade enzimática (U/g) foi definida como a quantidade de enzima que consome 1 µmol de ácido graxo por minuto, calculada pela Equação 1:

$$AE = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 1000 \times V_f}{t \times m \times V_c} \qquad (1)$$

Onde:
AE: Atividade de esterificação (U/g);
Va: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL);
Vb: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL);
M: Molaridade da solução de NaOH;
Vf : Volume final de meio reacional (mL);
t: Tempo (minutos);
m: Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g);
Vc: Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

### 2.3 Estabilidade de armazenamento

Foram avaliadas duas faixas de temperatura de armazenamento para o sonogel, em temperatura ambiente (± 25 ºC) e em baixas temperaturas (entre 2 e 5°C) onde, para a última, empregou-se uma geladeira (Electrolux – Super freezer DC9A).

Como resposta acompanhou-se a atividade para a síntese do oleato de etila onde os ensaios foram realizados periodicamente (no início diariamente e depois semanalmente), sendo a estabilidade expressa em termos de atividade residual em relação à atividade do dia da síntese (tempo zero '0'). Este processo foi repetido até a atividade residual do imobilizado chegar a 50% ou menos da atividade inicial.

Os resultados foram expressos em porcentagem da atividade residual (AR), calculada pela Equação 2.

$$AR\ (\%): \frac{AE_i}{AE_0} x100 \quad (2)$$

Onde: AEi: atividade de esterificação no tempo "i" e $AE_0$ da atividade de esterificação no tempo inicial.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análises, construiu-se um gráfico que relaciona as atividades residuais da enzima nas formas livre, imobilizada com aditivo e sem aditivo PEG e nas condições de armazenamento descritas anteriormente.

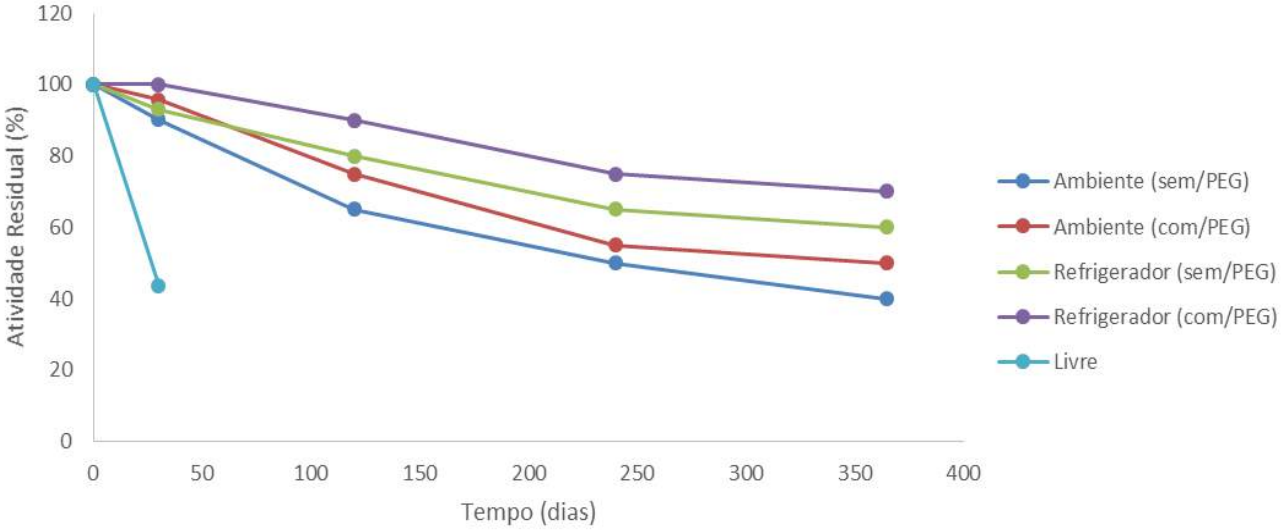



Figura 1. Estabilidade de estocagem da enzima imobilizada em sonogel, com e sem PEG, em temperatura ambiente e geladeira

Na Figura 1 observa-se que após 365 dias com exceção do imobilizado armazenado em temperatura ambiente e sem a adição de PEG que não se manteve com atividade residual acima de 50%, os demais ainda apresentam-se com atividade acima da estipulada para esse estudo, onde tais resultados identificam uma melhor estabilidade de armazenagem da enzima imobilizada nas condições de temperatura de refrigerador e com a presença de aditivo PEG.

## 4. CONCLUSÃO

A imobilização de lipases uma matriz sol-gel é uma técnica que permite o uso das enzimas por um maior período de tempo, entre outras vantagens conhecidas.

O estudo da estabilidade de armazenamento, considerando uma atividade residual de 50%, realizado na presença ou ausência de aditivo, proporciona uma ótima estabilidade de 365 dias, principalmente, para a imobilização com PEG e na condição de estocagem sob baixa temperatura, ou seja, definindo-se um parâmetro favorável ao armazenamento desta enzima de interesse industrial.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI – Campus Erechim, CAPES e CNPq.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, L.H.; REBELO, L.P.; NETTO, C.G.C.M.; TOMA, H.E. Kinetic resolution of a drug precursor by Burkholderia cepacia lipase immobilized by different methodologies on superparamagnetic nanoparticles. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 66:55-62, 2010.

ABDELMAJEED, N. *et al*. Immobilization technology for enhancing bio-products industry, African Journal of Biotechnology, v. 11, n. 71, p. 13528-13539, 2012.

ALFAYA, A.; KUBOTA, L.T.A. Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel na construção de biossensores. Química Nova. 25: 835-841, 2002.

FERRAZ, L. R.; OLIVEIRA, D. S.; SILVA, M. F.; RIGO, E.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, D.; TREICHEL, H. Production and partial characterization of multifunctional lipases by Sporobolomyces ruberrimus using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology , v. 1, p. 243-252, 2012.

HARA, P.; MIKKOLA, J. P.; MURZIN, D. Y.; KANERVA, L. T. "Supported ionic liquids in Burkholderia cepacia lipase-catalyzed asymmetric acylation. Journal of molecular catalysis B: enzymatic, vol. 67, p. 129-134, 2010.

MACARIO, A.;MOLINER, M.; CORMA, A.;GIORDANO, G. Increasing stability and productivity of lipase enzyme by encapsulation in a porous organic–inorganic system. Microporous and mesoporous materials, v. 118, p. 334–340, 2009.

REETZ, M. T.; TIELMANN, P.; WISENHOFER, W.; KONEN, W.; ZONTA, A. Second Generation Sol-Gel Encapsulated Lipases: Robust Heterogeneous Biocatalysts. Advanced Synthesis e Catalysis, v. 345, p. 717-728, 2003.

REETZ, M. T.; ZONTA, A.; SIMPELKAMP, J. Efficient immobilization of lipases by entrapment in hydrophobic sol-gel materials. Biotechnology and Bioengineering, v. 49, p. 527-534, 1996.

SOARES, C. M. F.; SANTANA, M.H. A.; ZANIN, G.M.; CASTRO, H.F. Efeito do polietilenoglicol e da albumina na imobilização de lipase microbiana e na catálise em meio orgânico. Química Nova. 26: 832-838, 2003.

SOARES, C. M. F.; SANTOS O.A.; CASTRO, H.F.; MORAES, F.F.; ZANIN, G.M. Studies on lipase immobilization in hydrophobic sol-gel matrix. Applied Biochemistry and. Biotechnology, v. 113, p.307-319, 2004.

SOARES, C. M. F.; SANTOS, O.A.; DE CASTRO, H.F.; MORAES, F.F.; ZANIN, G.M. Characterization of sol–gel encapsulated lipase using tetraethoxysilane as precursor. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 39: 69–76, 2006.

VILLENEUVE, P.; MUDERHWA, J. M.; GRAILLE, J.; HASS, M. J. C. Customizing lipases for biocatalysis: A survey of chemical,physical and molecular biological approaches. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 9, n. 4-6, p. 113-148, 2000.

VOLLET, D. R., DONATTI, D. A., RUIZ, A. I. De CASTRO, W. C. Structural study of aged saturated silica géis obtained from tetramethoxysilane sonohydrolysis with different water/tetramethoxysilane molar ratio. Physical Review B, v.67, p. 184-207, 2003.

ZANETTE, A. F.; AWADALLAK, J.; FILHO, L.C. Imobilização de lipases regiosseletivas em matrizes sol-gel e reação parcial de hidrólise. Journal of Exact Sciences, v.3, n.1, p.05- 08, 2014.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CARACTERIZAÇÃO POR PM-IRRAS DA SUPERFÍCIE DO NANOBIOSSENSOR DE CANTILEVER FUNCIONALIZADO COM A ENZIMA UREASE PARA DETECÇÃO DE METAIS PESADOS EM ÁGUA

**Aline Andressa Rigo[1]**
**Luana Gayeski[1]**
**Alana Marie De Cezaro[1]**
**Juliana Steffens[1]**
**Clarice Steffens[1]**
**Janine Martinazzo[1]**
**Alexandra Nava Brezolin[1]**
**Daniela Kunkel Muenchen[1]**
[1] Universidade Regional Integrada - Campus de Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
aline.andressa@hotmail.com, luanagayeski13@gmail.com, alana.cezaro@gmail.com, julisteffens@uricer.edu.br, clarices@uricer.edu.br, janinemartinazzo@yahoo.com.br, danimuenchen@yahoo.com.br

***Resumo.*** *Este trabalho teve como objetivo caracterizar a superfície do nanobiossensor de cantilever funcionalizado com a enzima urease com a técnica de espectroscopia de infravermelho de reflexão e absorção de modulação por polarização (PM-IRRAS). A funcionalização do cantilever foi realizada utilizando a técnica das monocamadas automontadas (SAM) empregando agentes reticuladores (1-etil–3-(3-dimetilaminopropil)-carbodiimida (EDC)/ N-hidroxi-succinimida (NHS)) para ligação covalente com moléculas de alcanotióis (16-AMHD). De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar duas bandas, uma a 1659 cm$^{-1}$, atribuída ao grupo carbonila da ligação amida (amida I) e outra em 1554 cm$^{-1}$, atribuída ao estiramento C-N da amida (amida II), característicos da presença da enzima urease depositada sobre a superfície. Estes resultados indicam a eficiência da funcionalização do cantilever, onde a enzima foi imobilizada na superfície contendo 16-AMHD.*

***Palavras-chave:*** *microscópio de força atômica, monocamadas automontadas (SAM), micropoluentes*

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição ambiental é frequentemente acompanhada pela liberação de diversas formas de poluentes, incluindo os metais pesados e poluentes orgânicos perigosos. Porém os metais pesados, são os poluentes que mais causam danos aos organismos vivos e no ambiente, por possuirem a peculiaridade de se acumularem nestes locais, contribuindo para um amplo espectro de efeitos adversos (Mehta, *et al*., 2016).

Muitas técnicas foram propostas para a detecção de metais pesados (Satofuka, *et al*., 1999; Blake, *et al*., 2001; Bontidean, *et al*., 2003; Castillo, *et al*., 2004), no entanto o desenvolvimento de biossensores tem apresentado muitas vantagens em relação aos métodos comumente utilizados, tais como a construção otimizada, resposta rápida e aumento da sensitividade. Tais características estão contidas em uma técnica atual de desenvolvimento de nanobiossensores de cantilever, com pontas modificadas quimicamente, utilizando a microscopia de força atômica (AFM).

Por conseguinte, os sensores de cantilever já provaram ser uma excelente plataforma para detecção química e biológica (Muenchen, *et al*., 2016; Martinazzo, *et al*., 2018). Os cantileveres são essencialmente estruturas em miniatura e podem ser produzidos em massa, o que os torna uma alternativa econômica aos sensores padrão que geralmente são caros. Os cantileveres são extremamente sensíveis e têm um curto tempo de resposta. Eles podem ser seletivos para diferentes entidades químicas e biológicas, modificando suas superfícies (Velankia, *et al*., 2007). Possuem aplicações que variam desde o campo da medicina (Wang, *et al*., 2015) até o monitoramento ambiental (Chena, *et al*., 2012; Muenchen, *et al*., 2016), o qual requerem sensores *in situ* e em tempo real.

Biossensores baseados na enzima urease, na detecção de metais pesados, é amplamente reportada (Ayenimo; Adeloju, 2015; Mehta, *et al*., 2016), devido a sua alta especificidade a este analito. Desta forma, para a modificação química dos nanobiossensores de cantilever, a imobilização desta enzima, é o processo mais importante na produção

deste biossensor, já que características como tempo de vida e a sensitividade dependem exclusivamente da metodologia de imobilização (Mehta, *et al*., 2016).

Em vista disto, a imobilização da enzima urease por meio da técnica das monocamadas automontadas (SAM), fornece uma via simples para funcionalizar a superfície do nanobiossensor de cantilever. Isso se deve ao fato do SAM ser uma camada de espessura molecular formada por auto-organização de moléculas de uma maneira ordenada em uma superfície sólida, resultando em uma maior estabilidade na formação das ligações (Alonso, *et al*., 2016).

Desta forma a caracterização da superfície do nanobiossensor se faz necessária, pois é por meio dela que podemos nos certificar da correta funcionalização, ou seja, demonstrar se a enzima foi imobilizada adequadamente no substrato. Em vista disto, a espectroscopia de absorção de reflexão por infravermelho modulada por polarização (PM-IRRAS), foi escolhida para realizar a caracterização da superfície funcionalizada do nanobiossensor. Nesta análise a espectroscopia da região do infravermelho, a luz, com um determinado comprimento de onda, interage com a matéria e entra em ressonância com os dipolos das ligações e grupos químicos das moléculas, sendo absorvida. Como os diferentes grupos ou ligações químicas de uma molécula possuem frequência de oscilações características, cada molécula possui um espectro típico de infravermelho. Assim, as informações químicas estruturais podem ser obtidas (Blaudez, *et al*., 1996; Dicko; Bourque; Pézolet, 1998).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi caracterizar a superfície do nanobiossensor de cantilever funcionalizado com a enzima urease, utilizando a técnica SAM, com a técnica de espectroscopia de infravermelho de reflexão e absorção de modulação por polarização (PM-IRRAS).

## 2. METODOLOGIA

O cantilever (BudgetSensors® - modelo ContGD-G) utilizado para a fabricação do nanobiossensor era de silício, revestido com uma camada de 70 nm de ouro em somente um dos lados, com frequência de ressonância de 13 kHz e constante de mola de 0,2 N/m. Sua haste possuia as seguintes dimensões: 450 μm de comprimento, 50 μm de largura e 2 μm de espessura.

A funcionalização do cantilever foi realizada por meio da deposição da camada sensora no lado superior, onde se encontra depositado o ouro, de acordo com Martinazzo, *et al*., (2018). Para isso, a técnica de SAM foi escolhida, empregando agentes reticuladores (1-etil–3-(3-dimetilaminopropil)-carbodiimida (EDC)/ N-hidroxi-succinimida (NHS)) para ligação covalente com moléculas de alcanotióis.

A funcionalização por SAM foi compreendida em quatro etapas:

- Etapa 1: Limpeza do cantilever, onde o mesmo foi imerso em álcool isopropílico, durante 2 min, para lavagem, assim removendo interferentes da superfície, e então seco, a temperatura de 20 °C, por cerca de 15 min.
- Etapa 2: Imersão do cantilever em uma solução de ácido 16-mercaptohexadecanóico (16-AMHD) 2 mM em meio etanólico, por overnight (16 h). Após, foi realizada a lavagem do cantilever com água ultra pura (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.
- Etapa 3: Imersão do cantilever em uma mistura de EDC 1 mM/NHS 1 mM 4:1 (v/v) durante 10 min. A seguir, foi realizada a lavagem com água ultra pura (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.
- Etapa 4: Imersão do cantilever na enzima comercial urease (75,26 U/mg) diluída em tampão fosfato de sódio 0,2 M pH 7,0 durante 10 min. Posteriormente, foi realizada a lavagem do cantilever com solução tampão fosfato de sódio 0,2 M pH 7,0 (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.

O cantilever funcionalizado foi armazenamento à seco em placa de petri, sob refrigeração (4 °C), para posterior realização de análises com os metais pesados.

Para análise da deposição das camadas de funcionalização a técnica de PM-IRRAS foi utilizada, a qual permite avaliar a composição química e a orientação das moléculas na interface ar-água. As análises foram realizadas no Instituto de Física da USP, São Carlos (SP), utilizando o ouro como substrato em um espectrofotômetro KSV, modelo PMI 550 (KSV Instruments, Finlândia), com resolução espectral de 8 $cm^{-1}$ e ângulo de incidência de 81º.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa para a obtenção do nanobiossensor é a funcionalização do cantilever por meio da modificação química da superfície de ouro, com o 16-AMHD, para a posterior formação das monocamadas automontadas (SAM), conforme pode ser observado na Figura 1. O grupo tiol (-SH), localizado em uma das extremidades do 16-AMHD, adsorve na superfície do ouro por meio da formação de uma ligação tiolato, enquanto o grupo carboxila presente na outra extremidade fica disponível (Gooding; Hibbert, 1999).

O grupo carboxílico presente no 16-AMHD reage com os agentes reticulante EDC/NHS, fazendo com que a amina presente na enzima urease se ligue ao ácido carboxílico, por meio de uma ligação amida (Janegitz, *et al*., 2011).

Desta forma, o emprego de enzimas na elaboração de biossensores apresenta como benefício a resposta rápida, maior sensitividade, detecção de baixas concentrações do analito além de serem altamente específicas, possibilitando que os biossensores sejam utilizados mesmo na presença de outras substâncias na amostra (Rumayor, *et al*., 2005).

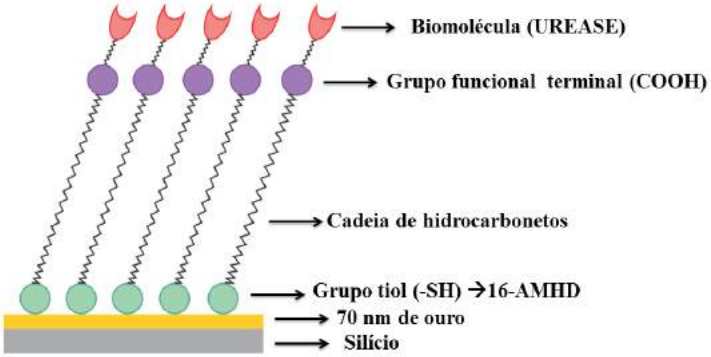



Figura 1. Representação esquemática da funcionalização do nanobiossensor de cantilever por meio da técnica SAM

A Figura 2 apresenta os resultados da caracterização do nanobiossensor de cantilever obtidos por PM-IRRAS da funcionalização por SAM.

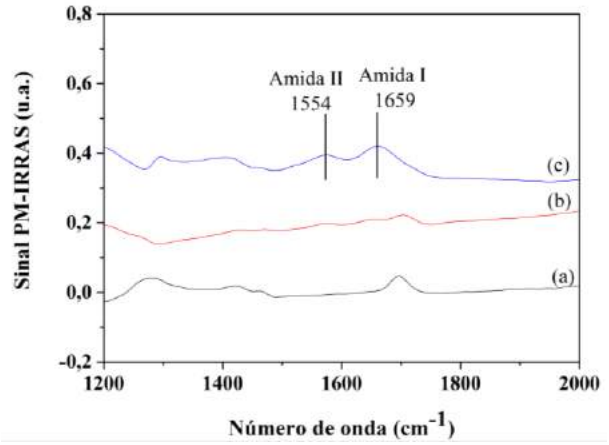



Figura 2. Espectro PM-IRRAS das etapas de funcionalização do cantilever. (a) Silício + Ouro + 16-AMHD; (b) Silício + Ouro + 16-AMHD + EDC/NHS; (c) Silício + Ouro + 16-AMHD + EDC/NHS + Urease

Conforme a Figura 2 é possível identificar duas bandas significativas, as quais correspondem aos grupos amida da cadeia enzimática. A banda 1659 $cm^{-1}$, correspondente a funcionalização com a enzima urease (c), representam o grupo amida I da cadeia, a qual é atribuída ao grupo carbonila (C=O) da ligação amida. Já a banda em 1554 $cm^{-1}$ correspondem ao grupo amida II, pertencente ao estiramento C-N da amida.

Segundo Cornut, *et al*., (1996), a banda do grupo amida I podem ser vistas entre 1662 e 1649 $cm^{-1}$ para proteínas. Kreider, *et al*., (2014) relataram as bandas amida I em 1659 $cm^{-}1$ e amida II em 1548 $cm^{-1}$, como indicativas da presença de enzima. Bandas semelhantes também foram encontradas no trabalho de Schmidt, *et al*., (2008), onde a indicação da enzima investigada por eles foi vista nas bandas 1663 $cm^{-1}$ e 1554 $cm^{-1}$, correspondente a amida I e amida II, respectivamente. E por fim, no trabalho de Alonso, *et al*., (2016), onde utilizando a técnica de PM-IRRAS para caracterizar a superfície de diferentes métodos de acoplamento enzimático, os mesmos obteram bandas de 1653 $cm^{-1}$ (amida I) e 1558 $cm^{-1}$ (amida II), para as enzimas oxidases.

Portanto, como as bandas das etapas de deposição do AMHD e do EDC/NHS não aparecem nos espectros PM-IRRAS, isso demonstra que a enzima urease foi imobilizada no substrato, demonstrando a eficiência da funcionalização.

## 4. CONCLUSÕES

Utilizando a técnica das monocamadas automontadas (SAM), foi possível funcionalizar o nanobiossensor de cantilever, empregando a enzima urease como agente biológico na posterior deteção de metais pesados em água.

Com a técnica de caracterização de superfície por espectroscopia de infravermelho de reflexão e absorção de modulação por polarização (PM-IRRAS), foi possível verificar diferenças nos espectros de PM-IRRAS dos grupos amida I e amida II, característicos de uma enzima depositada sobre a superfície. Desta forma podemos afirmar que a metodologia desenvolvida é viável e promissora na detecção de metais pesados em água.

## 3. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Finep, Capes, CNPq, Fapergs e a URI – Campus de Erechim.

## 4. REFERÊNCIAS

Alonso, J.M.; Bielen, A.A.M.; Olthuis, W.; Kengen, S.W.M.; Zuilhof, H. e Franssen, M.C.R., 2016. "Self-assembled monolayers of 1-alkenes on oxidized platinum surfaces as platforms for immobilized enzymes for biosensing". *Applied Surface Science*, Vol. 383, p. 283-293.

Ayenimo, J.G. e Adeloju, S.B., 2015. "Inhibitive potentiometric detection of trace metals with ultrathin polypyrrole glucose oxidase biosensor". *Talanta*, Vol. 137, p. 62–70.

Blake, D.A.; Jones, R.M.; Blake Ii, R.C.; Pavlov, A.R.; Darwish, I.A. e Yu, H., 2001. "Antibodybased sensors for heavy metal ions". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 16, p. 799–809.

Blaudez, D.; Turlet, J-M.; Dufourcq, J.; Bard, D.; Buffeteau, T. e Desbat, B., 1996. "Investigations at the air/water interface using polarization modulation IR spectroscopy". *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions*, Vol. 92, n. 4, p. 525-530.

Bontidean, I.; Ahlqvist, J.; Mulchandani, A.; Chen, W.; Bae, W. e Mehra, R.K., 2003. "Novel synthetic phytochelatin-based capacitive biosensor for heavy metal ion detection". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 18, p. 547–553.

Castillo, J.; Gáspár, S.; Leth, S.; Niculescu, M.; Mortari, A. e Bontidean, I., 2004. "Biosensors for life quality: design, development and applications". *Sensors Actuators B Chemical*, Vol. 102, p. 179–194.

Chena, X.; Chenb, W.; Mulchandanib, A. e Mohideena, U., 2012. "Application of displacement principle for detecting heavy metal ions and EDTA using microcantilevers". *Sensors and Actuators*, Vol. B 161, p. 203 – 208.

Cornut, I.; Desbat, B.; Turlet, J.M. e Dufourcq, J., 1996. "In situ study by polarization modulated Fourier transform infrared spectroscopy of the structure and orientation of lipids and amphipatic peptides at the air-water interface". *Biophysics Journal*, Vol. 70, p. 305-312.

Dicko, A.; Bourque, H. e Pézolet, M., 1998. "Study by infrared spectroscopy of the conformation of dipalmitoylphosphatidylglycerol monolayers at the air–water interface and transferred on solid substrates". *Chemistry and Physics of Lipids*, Vol. 96, p. 125-139.

Gooding, J.J. e Hibbert, D.B., 1999. "The application of alkanethiol self-assembled monolayers to enzyme electrodes". *Trac Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 18, n. 8; p. 525-533.

Janegitz, B.C.; Pauliukaite, R.; Ghica, M.E.; Brett, C.M.A. e Fatibello-Filho, O., 2011. "Direct electron transfer of glucose oxidase at glassy carbon electrode modifield with functionalized carbon nanotubes within a dihexadecylphosphate film". *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 158, n.1, p. 411-417.

Kreider, A.; Sell, S.; Kowalik, T.; Hartwig, A. e Grunwald, I., 2014. "Influence of immobilization protocol on the structure and function of surface bound proteins". *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, Vol. 116, p. 378–382.

Martinazzo, J.; Muenchen, D.K.; Brezolin, A.N.; Cezaro, A.M.; Rigo, A.A.; Manzoli, A.; Hoehne, L.; Leite, F.L.; Steffens, J. e Steffens, C., 2018. "Cantilever nanobiosensor using tyrosinase to detect atrazine in liquid medium". *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, Vol. 53, p. 229-236.

Mehta, J.; Bhardwaj, S.K.; Bhardwaj, N.; Paul, A.K.; Kumar, P. e KIM, K.H.; Deep, A., 2016. "Progress in the biosensing techniques for trace-level heavy metals". *Biotechnology Advances*, Vol. 34, p. 47–60.

Muenchen, D.K., Martinazzo, J., Cezaro, A.M., Rigo, A.A., Brezolin, A.N., Manzoli, A., Leite, F.L., Steffens, C. e Steffens, J., 2016. "Pesticide Detection in Soil Using Biosensors and Nanobiosensors". *Biointerface Research in Applied Chemistry*, Vol. 6, p. 1659 – 1675.

Rumayor, V.G.; Iglesias, E.G.; Galán, O.R. e Cabezas, L.G., 2005. "Aplicaciones de biosensores en la industria agroalimentaria". *Madri: Elecé Industria Gráfica*, p. 113.

Satofuka, H.; Amano, S.; Atomi, H.; Takagi, M.; Hirata, K.; Miyamoto, K. e Imanaka, T., 1999. "Rapid method for detection and detoxification of heavy metal ions in water environments using phytochelation". *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol. 88, p. 287–292.

Schmidt, T.F.; Caseli, L.; Viitala, T. e Oliveira Jr, O.N., 2008. "Enhanced activity of horseradish peroxidase in Langmuir–Blodgett films of phospholipids". *Biochimica et Biophysica Acta*, Vol. 1778, n. 2291-2297.

Velankia, S.; Kellya, S.; Thundatb, T.; Blakec, D.A. e Ji, H.F., 2007. "Detection of Cd(II) using antibody-modified microcantilever sensors". *Ultramicroscopy*, Vol. 107, p. 1123–1128.

Wang, S.; Wang, J.; Zhu, Y.; Yang, J. e Yang, F., 2015. "A new device for liver cancer biomarker detection with high accuracy". *Sensing and Bio-Sensing Research*, Vol. 4, p. 40-45.

## 5. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PARÂMETROS ESTEQUIOMÉTRICOS DO SISTEMA SEMICONTÍNUO COM DIFERENTES CORTES NA BIOPRODUÇÃO DE CAROTENOIDES POR *SPORIDIOBOLUS SALMONICOLOR* CBS 2636 COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

**Luana Gayeski***
**Rosicler Colet**
**Letícia Urnau**
**Naiane Sabedot Marcon**
**Eunice Valduga**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Erechim
luanagayeski13@gmail.com*
rosicler.colet@bol.com.br
letiurnau@gmail.com
naiane.marcon@hotmail.com
veunice@uricer.edu.br

**Marco Di Luccio**
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis
mdiluccio@gmail.com

***Resumo.*** *Os carotenoides são corantes naturais que podem ser sintetizados por plantas, algas e micro-organismos. Estes são pigmentos de grande utilização industrial e têm despertado interesse devido à preocupação com o uso de aditivos químicos nos alimentos. Objetivou-se estudar os parâmetros estequiométricos da produção de carotenoides pela levedura Sporidiobolus salmonicolor CBS 2636 em processo semicontínuo com diferentes cortes, em biorreator utilizando resíduos agroindustriais. A bioprodução foi realizada em biorreator Biostat com 1 L de volume útil, sem iluminação, 1,5 vvm, 180 rpm, 25 ºC e pH inicial 4,0, por um período de 96 h, em processo semicontínuo, variando-se o meio de bioprodução com meio com resíduo agroindustrial com 80 g/L de água de maceração de milho (AMM), 80 g/L de glicerol bruto e 20 g/L de água de parboilização de arroz (APA). A concentração máxima de carotenoides totais obtida no biorreator foi de 3212 µg/L em 196 h de bioprodução com meio composto por resíduos agroindustriais. A máxima velocidade específica de crescimento (µmax) para S. salmonicolor em biorreator foi de 0,05 e a maior produtividade em células foi de 0,045 g/L.h, com corte de 50 % do meio de bioprodução em sistema semicontínuo.*

***Palavras-chave:*** *Semicontínuo, carotenoides, resíduos agroindustriais, biorreator.*

## 1. INTRODUÇÃO

A grande demanda gerada pelas indústrias e a crescente procura por produtos naturais, tem resultado em um aumento nas pesquisas referentes à produção de carotenoides via biotecnológica. A vasta aplicabilidade dos carotenoides resulta no aumento da demanda pelas indústrias de alimentos, cosméticos e fármacos, cujo mercado mundial foi avaliado em 1,5 bilhões em 2014, com uma expectativa de crescimento para 1,8 bilhões em 2019 e uma taxa de crescimento anual de 3,9 % (BCC Research, 2015).

O grande interesse na exploração destes pigmentos ocorreu em função da variabilidade de suas aplicações. Além da utilização como corante nas indústrias alimentícias e de ração animal, estes compostos possuem propriedades antioxidantes, o que torna possível o emprego em tratamentos de prevenção ao câncer, às doenças do coração e da degeneração macular (Krinsky e Johnson, 2005; Venil *et al*., 2013; Akuffo *et al*., 2015; Wu *et al*., 2015; Esteban *et al*., 2015; Song *et al*., 2016; Bernstein *et al*., 2016).

Visando os benefícios dos carotenoides, regimes de condução, semicontínuo, são considerados eficientes e versáteis para a produção de carotenoides. Em tais processos, especialmente naqueles com altas densidades celulares, a produtividade é alta devido ao grande número de células viáveis no meio de bioprodução. O processo semicontínuo consiste em uma série de operações em sequência, no qual coleta-se parte do meio fermentado (cortes da fermentação)

em períodos sequenciais e adiciona-se ao reator um volume de meio de fermentação igual ao volume de meio fermentado retirado, e o meio fermentado que permanece no reator serve de inóculo ao meio adicionado (Schmidell *et al*., 2007; Ferreyra *et al*., 2014; Caldeira, 2015).

Qualquer melhoria alcançada na produtividade de carotenoides, em geral, pela variação dos parâmetros físico-químicos e nutricionais, pode alterar significativamente o rendimento do produto de interesse. Portanto, é de grande interesse estudos de otimização da bioprodução de carotenoides em biorreator, visando maximizar o rendimento e reduzir custos de substratos pelo melhor aproveitamento dos componentes de meio.

Além disso, ressalta-se a possibilidade da utilização de subprodutos agrícolas de baixo custo e/ou resíduos, como matéria-prima, o que pode aumentar a viabilidade econômica do processo, tornando-se fontes de carbono e nitrogênio na produção de carotenoides. Países com grande biodiversidade, como o Brasil, apresentam um grande potencial a ser explorado na utilização dessas matérias primas (Aksu e Eren, 2005; Buzzini e Martini, 1999; Fontana *et al*., 1996; Valduga *et al*., 2008; Saenge *et al*., 2011; Valduga *et al*., 2014; Machado e Burkert, 2014; Colet *et al*., 2015; Cardoso *et al*., 2016), principalmente o Brasil é um grande produtor de biodiesel, milho e arroz, gerando respectivamente glicerol, água de maceração de milho e água de parboilização de arroz.

Neste sentido, é de interesse verificar se a porcentagem de volume retirado após cada corte no processo semicontínuo influencia no crescimento celular e na bioprodução de carotenoides por *Sporidiobolus salmonicolor* CBS 2636 em processo semicontínuo, visando obter pigmentos naturais capazes de catalisar reações, tendo como produtos compostos com alto valor agregado.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Bioprodução de Carotenoides em Sistema Semicontínuo

O micro-organismo utilizado foi a levedura *Sporidiobolus salmonicolor* CBS 2636. A produção foi realizada em biorreator Biostat (25°C e 180 rpm), contendo inicialmente 100 mL de inóculo (25°C, 180 rpm, D.O~0,7 U.A) e 1000 mL de meio com resíduo agroindustrial com 80 g/L de água de maceração de milho (AMM), 80 g/L de glicerol bruto e 20 g/L de água de parboilização de arroz (APA).

Os cultivos foram conduzidos em batelada simples por 96 h e depois tiveram 25, 50 e 75 % do volume de trabalho retirados do biorreator, ou seja, 250, 500 e 750 mL de caldo fermentado, respectivamente, e submetidos, posteriormente ao rompimento celular e extração dos carotenoides. Em seguida, o mesmo volume de meio novo foi adicionado ao biorreator, respectivamente a cada ensaio. Os ensaios foram conduzidos por 192 h realizando apenas um corte em 96 h de bioprodução, totalizando assim 2 ciclos de bioprodução em sistema semicontínuo.

### 2.2 Recuperação de Carotenoides

A recuperação dos carotenoides foi realizada empregando $N_2$ líquido combinado com dimetilsulfóxido (DMSO) para ruptura celular e extração com mistura de acetona/metanol na proporção de 7:3 (v/v). A absorbância da amostra foi medida em espectrofotômetro (Agilent 8553) a 448 nm segundo Valduga *et al*. (2008). A biomassa foi determinada, após extração dos carotenoides, onde as células foram lavadas com água destilada, centrifugadas (6.500 xg e 5°C por 10 min) e a massa celular foi quantificada através de secagem em estufa (Fanem SE-320) a 105°C até massa constante.

### 2.3 Parâmetros Estequiométricos

A cada 12 horas foram obtidas amostras de cada ensaio para a determinação dos parâmetros estequiométricos. As taxas de crescimento microbiano ($r_x$), a formação do produto ($r_p$) e consumo de substrato ($r_s$) podem ser determinadas pelo balanço de massa para cada componente em um determinado momento, como apresentados nas equações 1, 2 e 3, respectivamente (Bailey e Ollis, 1986).

$$r_X = dX/dt \quad (1)$$

$$r_P = dP/dt \quad (2)$$

$$r_S = -dS/dt \quad (3)$$

A taxa específica de crescimento ($\mu_x$), formação de produto ($\mu_p$) e consumo de substrato ($\mu_s$) podem ser obtidas dividindo as taxas instantâneas pela concentração de células, sendo expressas pelas Equações 3, 4 e 5, respectivamente (Bailey e Ollis, 1986).

$$\mu_x = r_X/X \quad (4)$$

$$\mu_p = r_P/X \quad (5)$$

$$\mu_s = r_S/X \quad (6)$$

A produtividade global tanto em células como em carotenoides é definida, como as velocidades rx e rp descritas por Bailey e Ollis (1986).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as curvas cinéticas de biomassa de *S. salmonicolor* conduzido em biorreator em sistema semicontínuo com cortes de 25, 50 e 75 % do volume de meio de cultivo (condições de cultivo: 80 g/L de glicerol bruto, 80 g/L de AMM e 20 g/L de APA, $pH_{inicial}$ 4,0, 25°C, 180 rpm e 1,5 vvm).

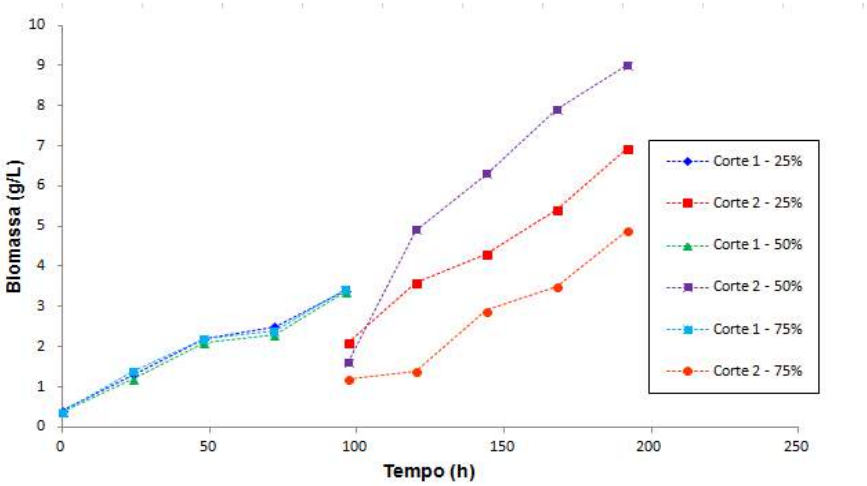



Figura 1. Biomassa em função do tempo (h) durante o cultivo de *Sporidiobolus salmonicolor* em processo semicontínuo com cortes de 25, 50 e 75 % do volume de meio fermentado

De acordo com a Figura 1, observa-se que há uma boa reprodutibilidade entre os três cultivos antes do corte em 96 h. Porém após o corte observa-se que o cultivo conduzido com corte de 50 % necessitou menor tempo para atingir a concentração máxima de biomassa, do que nos cultivos conduzidos com corte de 25 e 75 %. No processo com corte de 75 %, o volume de meio de cultivo reposto a cada início de ciclo foi maior, ou seja maior quantidade de nutrientes foi disponibilizada às células, porém isto não ocasionou um maior crescimento celular, podendo ser explicado pelo tempo que o microrganismo necessitou para se adaptar e crescer neste novo meio.

Quando se compara ao corte de 50 % com o de 25 % observa-se que a quantidade de biomassa com corte de 25 % foi inferior, o que pode ter ocorrido pela pouca quantidade de possíveis inibidores e/ou metabólitos tóxicos retirados do caldo fermentado no processo com corte de 25 %. Isto explica as maiores velocidades específicas máximas de crescimento (μmáx) no processo com corte de 75 % (0,015 e 0,014 h-1 para o primeiro e segundo ciclos, respectivamente) do que no processo com corte de 50 % (0,016 e 0,005 h-1 para o primeiro e segundo ciclos, respectivamente) e com corte de 25 % (0,013 e 0,010 h-1 para o primeiro e segundo ciclos, respectivamente).

A concentração máxima de biomassa, obtida em cada corte, foi maior no processo que utilizou corte de 50 % (3,4 e 9,0 g/L para o primeiro e segundo ciclos) do que no processo que realizou-se corte de 75% (3,4 e 4,9 g/L para o primeiro e segundo ciclos) e 25 % (3,4 e 6,9 g/L para o primeiro e segundo ciclos).

A Figura 2 apresenta as curvas cinéticas de produção de carotenoides totais por *S. salmonicolor* para o sistema semicontínuo (mesmos experimentos anteriores). Observa-se, que a partir do segundo ciclo, no sistema com corte de 50 % se obteve a concentração máxima de carotenoides totais (3212 µg/L), ao se comparar com os bioproduzidos com cortes de 75 e 25 % (1643 e 2376 µg/L, respectivamente).

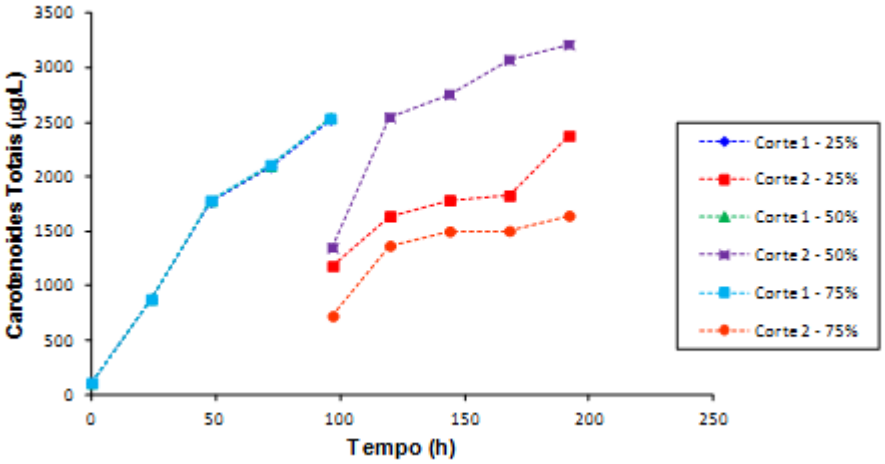



Figura 2. Bioprodução de carotenoides totais em função do tempo (horas) durante o cultivo de *Sporidiobolus salmonicolor* em processo semicontínuo com cortes de 25, 50 e 75% do volume de caldo fermentado

As Figuras 1 e 2 mostram ainda que, em ambos os cultivos, os primeiros ciclos foram mais longos para começar a produzir biomassa e carotenoides totais, devido ao período de adaptação do microrganismo ao meio e condições de cultivo. Em ambos os casos, no segundo ciclo, como esperado, o microrganismo já se encontrava adaptado e, portanto, o tempo de reprodução das células foi menor, consequentemente se obteve maior produção de carotenoides.

A Tab. 1 apresenta a produtividade global, velocidade específica de crescimento (µx) e a produtividade em célula (Px) obtida em cada ciclo. Observa-se que o corte de 50 % favoreceu a produtividade global e em célula e a velocidade específica, possibilitando estabelecer uma proporção de carga para um processo semicontínuo em 50 % a cada 96 h de bioprodução para obter-se maior produtividade em carotenoides e em células, tornando-se uma alternativa para o aproveitamento de resíduos agroindustriais.

Tabela 1. Máximos parâmetros cinéticos e estequiométricos da bioprodução em biorreator dos ensaios em sistema semicontínuo em diferentes cortes a cada 96 h de bioprodução.

| **Parâmetros** | **Sistema de cortes** | | |
|---|---|---|---|
| | 25 % | 50 % | 75 % |
| $Y_{P/X}$ (µg/g) | 347 | 360 | 339 |
| $P_x$ (g/L.h) | 0,034 | 0,045 | 0,024 |
| $\mu_x$ ($h^{-1}$) | 0,010 | 0,050 | 0,014 |

Outros trabalhos relatam a importância do estudo do volume de corte do processo semicontínuo, entre eles CHAVES et al. (2014) que num estudo de diferentes formas de condução do processo de produção de polissacarídeos extracelulares por *Pleurotus sp.*, observou que, em relação ao processo semicontínuo com cortes de 50 e 75 % do volume de caldo fermentado, foi atingido maior produtividade global em biomassa micelial (61,02 mg/L.h) quando utilizou-se percentual de corte de 75 % e maior produtividade global em polissacarídeos (6,06 mg/Lh) quando utilizou-se percentual de corte de 50 %.

## 4. AGRADECIMENTOS

À URI, FAPERGS, CAPES e CNPq pelo apoio financeiro e bolsas de estudos disponibilizadas para a realização deste trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS

Aksu, Z. e Eren, A.T., 2005, “Carotenoids production by the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*: use of agricultural wastes as a carbon source”. *Process Biochemistry*, Vol. 40, p. 2985–2991.

Akuffo, K.O., Nolan, J.M., Howard, A.N., Moran, R., Stack, J., Klein, R., Klein, B.E., Meuer, S.M., Sabour-Pickett, S., Thurnham, D.I. e Beatty, S., 2015. "Sustained supplementation and monitored response with differing carotenoid formulations in early age-related macular degeneration". *Eye – Clinical Study*, Vol. 29, p. 902-912.

Bailey, J.E. e Ollis, D.F., 1986. *Biochemical Enginnering Fundamentals*, McGraw- Hill Book Company, 2ed., p. 984.

BCC Research, 2015. "The global market for carotenoids". 11 Jan. 2016. <http://www.bccresearch.com/market-research/food-and-beverage/carotenoids-global-market-report-fod025e.html>.

Bernstein, P. S., Li, B., Vachali, P. P., Gorusupudi, A., Shyam, R., Henriksen, B. S. e Nolan, J. M., 2016. "Lutein, zeaxanthin, and meso-zeaxanthin: The basic and clinical science underlying carotenoid-based nutritional interventions against ocular disease". *Progress in Retinal and Eye Research*, Vol. 50, p. 34-66.

Buzzini, P. e Martini, A., 1999. "Production of carotenoids by strains of Rhodotorula glutinis cultured in raw materials of agro-industrial origin". *Bioresources Tecnology*, Vol. 71, p. 41-44.

Caldeira, J.P.R.A., 2015. *Production of lipids (for biodiesel) and carotenoids from the yeast Rhodotorula glutinis grown in a bench reactor, in a fed-batch system*. Dissertação de Mestrado de Microbiologia Aplicada, Universidade de Lisboa.

Cardoso, L.A.C., Jackel, S., Karp, S.G., Framboisier, X., Chevalot, I. e Marc, I., 2016. "Improvement of Sporobolomyces ruberrimus carotenoids production by the use of raw glycerol". *Bioresource Technology*, Vol. 200, p. 374-379.

Chaves, M.B.; Libardi Jr, N.; Borges, G.M.; Wisbeck, E.; Gern, R M.M.; Furlan, S.A.; Furigo Jr, A., 2014. "Production of bioactive substances in fed-batch and semi-continuous culture by Pleurotus Ostreatus". *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 38, p. 307- 312.

Colet, R., Di Luccio, M. e Valduga, E., 2015. "Fed-batch production of carotenoids by *Sporidiobolus salmonicolor* (CBS 2636): kinetic and stoichiometric parameters". *European Food Research & Technology*, Vol. 240, p. 173-182.

Esteban, R., Morana, J.F., Becerrilb, J.M. e García-Plazaola, J.I., 2015. "Versatility of carotenoids: An integrated view on diversity, evolution, functional roles and environmental interactions". *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 119, p. 63-75.

Ferreyra, M.M., Schvab, M.C., Davies, C.V., Gerard, L.M. e Solda, C.A., 2014. "Obtención de vinagre de naranja en proceso semicontinuo, a escala laboratório". *Ciencia, Docencia y Tecnología*, Vol. 25, n. 49, p. 154-165.

Fontana, J.D., Czeczuga, B., Bonfim, T.M.B., Chociai, M.B., Oliveira, B.H., Guimarães, M.F. e Baron, M., 1996. "Bioproduction of carotenoids: the comparative use of raw sugarcane juice and depolymerized bagasse by Phaffia Rhodozyma". *Bioresource Technology*, Vol. 58, p. 121-125.

Krinsky, N.I. e Johnson, E.J., 2005. "Carotenoid actions and their relation to health and disease". *Molecular Aspects of Medicine*, Vol. 26, p. 459-516.

Machado, W.R.C. e Burkert, J.F.M., 2014. "Produção de carotenoides microbianos pela levedura Sporidiobolus pararoseus utilizando coprodutos". *Revista de Engenharia e Tecnologia*, Vol. 6, n. 2, p. 59-69.

Saenge, C.; Cheirsilp, B.; Suksaroge, T.T.; Bourtoom, T., 2011. "Potential use of oleaginous red yeast Rhodotorula glutinis for the bioconversion of crude glycerol from biodiesel plant to lipids and carotenoids". *Process Biochemistry*, Vol. 46, p. 210–218.

Schmidell, W., Soares, H.M., Etchebehere, C., Menes, R.J., Bertola, N.C. e Contreas, E.M., 2007. *Tratamento Biológico de Águas Residuárias*. Florianópolis: Ed. Tribo da Ilha.

Song, J., Li, D., He, M., Chen, J. e Liu, C., 2016. "Comparison of Carotenoid Composition in Immature and Mature Grains of Corn (Zea Mays L.) Varieties". *International Journal of Food Properties*, Vol. 9, n. 2, p. 351-358.

Valduga, E., Valerio, A., Treichel, H., Di Luccio, M. e Furigo Júnior, A., 2008. "Study of the bio-production of carotenoids by Sporidiobolus salmonicolor (CBS 2636) using pre-treated agro-industrial substrates". *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 83, p. 1267-1274.

Valduga, E., Tatsch, P.O., Vanzo, L.T., Rauber, F., Di Luccio, M.. e Treichel, H., 2009. "Assessment of hydrolysis of cheese whey and use of hydrolysate for bioproduction of carotenoids by *Sporidiobolus salmonicolor* CBS 2636". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 89, p. 1060 - 1065.

Valduga, E., Ribeiro, A.H.R., Cence, K., Colet, R., Tiggemann, L., Zeni, J. e Toniazzo, G., 2014. "Carotenoids production from a newly isolated *Sporidiobolus pararoseus* strain using agroindustrial substrates". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Vol. 3, p. 207-213.

Venil, C.K., Zakaria, Z.A. e Ahmad, W.A., 2013. "Review: Bacterial pigments and their applications". *Process Biochemical*, Vol. 48, p. 1065–1079.

Wu, J., Cho, E., Willett, W.C., Sastry, S.M. e Schaumberg, D.A., 2015. "Intakes of Lutein, Zeaxanthin, and Other Carotenoids and Age-Related Macular Degeneration During 2 Decades of Prospective Follow-up". *JAMA Ophthalmology*,Vol. 33, n. 12, p. 1415-1424.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE IOGURTES

**Marina Andréa Baccin**
**Gislaine Fatima Bortoli**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Erechim
R. Domingos Zanella, 104 – Três Vendas, Erechim – RS
marinabaccin@gmail.com; gislaine.bortoli@hotmail.com

**Leonardo Souza da Rosa**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Erechim
R. Domingos Zanella, 104 – Três Vendas, Erechim – RS
leonardo.souza@erechim.ifrs.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de parâmetros físico-químicos de qualidade na aceitação sensorial de iogurtes. Para isto, duas formulações de iogurte ($F_1$ e $F_8$) foram produzidas segundo delineamento experimental, com variações nos teores de leite em pó e colágeno, e uma formulação padrão ($C_1$) sem adição de colágeno. As amostras foram avaliadas físico-quimicamente quanto aos parâmetros pH, extrato seco total, viscosidade e sinérese. As análises sensoriais foram conduzidas com 42 julgadores que realizaram os testes duo-trio e aceitação com escala hedônica híbrida de 9 pontos. O tratamento estatístico dos parâmetros físico-químicos e aceitação sensorial foram efetuados segundo o Software Estatística 12.0, nos módulos Basic Statistics e ANOVA. Os valores médios encontrados para os parâmetros físico-químicos avaliados na formulação $F_1$: pH (4,41±0,14), extrato seco total (20,97%±0,94), viscosidade (223,5cSt ±3,55) e sinérese (42,05%±1,08), indicando que a percepção do consumidor a características sensoriais como aparência, sofre grande influência de parâmetros físico-químicos como pH, viscosidade e sinérese, resultando em distintos índices de aceitação,dentre os quais destacou-se a formulação $C_1$ com notas médias de 7,58.*
***Palavras-chave:*** *Iogurte, pH, viscosidade e aceitação sensorial*

## 1. INTRODUÇÃO

No atual mercado produtor de alimentos, as empresas estão conscientes da importância de conhecer as necessidades e preferências dos consumidores, na indústria de lácteos, a avaliação das características sensoriais dos produtos, na forma como elas são percebidas pelos consumidores, é um componente essencial no desenvolvimento, manutenção, otimização, melhoria da qualidade, garantindo assim a fidelidade do cliente bem como uma avaliação do potencial de mercado de um determinado produto, inserido em um mercado extremamente competitivo como o de leites fermentados, onde destacam-se produtos como o iogurte (Vieira, 2015).

Segundo os Padrões de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, entende-se por iogurte o produto resultante da fermentação de leite pasteurizado ou esterilizado com cultivos protosimbióticos de *Streptococcus salivarias* subsp. *thermophillus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, aos quais podem acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido lácticas que, por sua atividade contribuem para a determinação das características do produto final (Brasil, 2017).

Neste contexto, durante seu processo de fabricação, fatores como a baixa qualidade do leite cru e refrigerado ou ainda em decorrência de falhas em etapas de processamento tais como excesso de aquecimento, contaminação por bolores e leveduras ou coliformes, culturas lácteas de má qualidade ou contaminadas, excesso de tempo de incubação ou período de conservação e deficiências no controle das embalagens, podem ocasionar defeitos ao produto.

Segundo Punyia (2015), as propriedades físicas mais importantes do iogurte são: viscosidade, consistência e textura. As análises químicas de rotina compreendem o teor de gordura, acidez e pH.

A cor e a aparência são fatores importantes e decisivos na aquisição do produto, uma vez que são os primeiros atributos avaliados, e facilmente percebidos. Para os consumidores, a cor está relacionada à qualidade do alimento, remetendo ao aroma e sabor, tornando o produto mais atraente (Gomes, 2012).

Além disso, propriedades físicas como a sinérese também são perceptíveis e influenciam na qualidade. A sinérese é indesejável no iogurte, uma vez que ocorre a liberação de soro no decorrer da vida útil do produto. Para evitar esse problema podem ser usados artifícios que aumentem a capacidade de retenção de água. Alguns fatores como alterações físicas e baixa quantidade de sólidos podem contribuir para ocorrência de sinérese.

A viscosidade, uma propriedade reológica, também pode ser influenciada significativamente pela quantidade de sólidos. Assim como as outras características citadas, a viscosidade é um dos fatores determinantes para a aceitação do consumidor, dependendo de sua preferência por um produto mais, ou menos encorpado (Guimarães e Aguiar 2016).

De acordo com Chavan e Goyal (2018) em virtude do desenvolvimento industrial, tecnológico e, sobretudo, científico, os consumidores têm incluído cada vez mais o iogurte na dieta alimentar, não só pelo fato de ser um produto de consumo rápido e prático, mas também, e principalmente, pelas qualidades sensoriais e benefícios à saúde.

O perfil atual de consumidores busca alimentos que além das características nutricionais, microbiológicas e físicas, atenda às suas expectativas sensoriais. Nesse sentido, a análise sensorial é muito importante na indústria alimentícia, principalmente no desenvolvimento de novos produtos, podendo auxiliar na escolha de métodos de processamento e quantidade de ingredientes a serem utilizados, para garantir a aceitação dos consumidores (Lins *et. al*, 2015).

Dentre as diversas metodologias utilizadas pela análise sensorial, encontram-se os testes afetivos quantitativos e os discriminativos. Nos testes afetivos o propósito principal, é a avaliação da preferência, aceitação e atributos sensoriais dos consumidores com relação a produtos e serviços, já os discriminativos como o duo-trio são realizados para indicar a existência de diferença ou similaridade entre amostras, muito empregados no desenvolvimento de novos produtos e para testar a precisão e a confiabilidade dos julgadores (da Silva, 2015)**.**

Assim, por estar sujeito a alterações microbiológicas, físico-químicas e sensoriais, o iogurte deve ser submetido periodicamente a analises para estabelecer que período de tempo o produto pode ser mantido no comércio em condições de consumo humano. Em face disso este trabalho tem por objetivo avaliar a influência de parâmetros físico-químicas de qualidade na aceitação sensorial de diferentes formulações de iogurtes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Processamento dos Iogurtes

Duas formulações ($F_1$ e $F_8$) de iogurtes foram produzidas. Na formulação $F_1$ foram adicionados leite pasteurizado (86,9%), sacarose (8,0%), polpa de fruta (4,0%), leite em pó (1,3%), colágeno hidrolisado (0,7%) e cultura láctea (0,4%). Já a amostra $F_8$ foi constituída por leite pasteurizado (85,6%), sacarose (8,0%), polpa de fruta (4,0%), leite em pó (1,0%), colágeno hidrolisado (1,0%) e cultura láctea (0,4%). A formulação $C_1$ (Padrão) contou com a adição de leite pasteurizado (84,6%), sacarose (8,0%), polpa de fruta (4,0%), leite em pó (3,0%), e cultura láctea (0,4%). As amostras correspondentes as formulações foram pasteurizadas a 75 ºC por 30 minutos. Após, resfriadas a 41 ºC, adicionando-se a cultura láctea. Após as amostras foram fermentadas em iogurteira 43 ºC por 4 horas, até redução do pH a valores próximos a 4,6. Estas foram resfriadas a 20 ºC e adicionadas de polpa de fruta sabor morango, mantendo-se sob homogeneização por 15 minutos. Na sequência as amostras foram envasadas em embalagens plásticas hermeticamente fechadas e armazenadas sob refrigeração a 5 ºC.

### 2.2 Determinações Físico-Químicas

Os parâmetros de qualidade dos iogurtes foram avaliados através das determinações de pH, extrato seco total, viscosidade e sinérese.

A quantificação do extrato seco total foi realizada em balança determinadora por infravermelho marca Marte modelo ID 200. O parâmetro pH foi determinado conforme potenciômetro marca Tecpon modelo MPA 210 (Brasil, 2018).

A viscosidade foi determinada utilizando um viscosímetro de copo tipo Ford marca Geaka, no qual o copo foi preenchido com bebida entre 6,5 e 7,5°C, na sequência determinou-se o tempo de escoamento do líquido com o auxilio de um cronometro digital de 4 casas decimais. Após as viscosidades cinemáticas foram calculadas segundo equações pré-definidas pelo fabricante.

No índice de sinérese seguiu-se a metodologia proposta por Farnsworth *et al.* (2006), na qual inicialmente pesam-se 15 g de amostra, após acondiciona-se a amostra em banho termostatizado a 25°C e na sequência centrifugada por 10 minutos a 3000 rpm. Todas as determinações foram realizadas em duplicata.

### 2.3 Análises Sensoriais

As análises sensoriais de aceitação e duo-trio foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Erechim. Os julgadores foram direcionados a cabines individuais com luz vermelha. Participaram das análises 42 pessoas. As amostras foram servidas em copos plásticos contendo 30 mL, a temperatura de 7°C±2°C.

### 2.3.1 Teste Duo-Trio

No teste duo-trio cada julgador recebeu três amostras servidas em copos plásticos brancos, codificados com número de três dígitos, sendo uma contendo a amostra padrão ($C_1$), e outros duas contendo a formulações $F_1$ e $F_8$. Foi entregue também um copo com água para que o julgador neutralizasse o sabor entre uma amostra e outra, e uma ficha de duo-trio. Após avaliar as três, o julgador deveria identificar na ficha o código da amostra, que na sua opinião, tivesse as características mais próximas ao padrão (ISO, 2004).

### 2.3.2 Teste de Aceitação

O teste de aceitação foi realizado em três sessões, nas quais as amostras foram servidas em copos plásticos brancos, codificados com número de três dígitos. Nestas, cada julgador avaliou duas amostras, sendo a ordem de apresentação balanceada utilizando-se um quadrado latino (2X2) para controlar o efeito de ordem de apresentação das amostras, visando evitar comparações diretas entre as amostras, as quais foram servidas de forma monádica (Wu e Hamada, 2009).

Os consumidores em potencial avaliaram as amostras utilizando uma escala hedônica híbrida de nove pontos, ancorada nos extremos com os termos "desgostei extremamente" (0) e "gostei extremamente" (9) e no centro com o termo "nem gostei nem desgostei" (Lawless, 2010).

### 2.4 Análise Estátistica

O tratamento estatístico dos parâmetros físico-químicos e aceitação sensorial foram efetuados segundo o Software Estatística 12.0, nos módulos Basic Statistics e ANOVA. No Teste duo-trio a análise estatística foi realizada conforme a norma ISO 10399, anexo 1 – tabela número mínimo de respostas corretas necessárias para concluir que existe uma diferença perceptível considerando-se $\alpha$=5% (ISO, 2004).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 estão expressos os resultados das determinações analíticas físico-químicos dos iogurtes correspondentes às três diferentes formulações avaliadas, os quais foram comparados com os estabelecidos pela legislação vigente. Entretanto, salienta-se que a Instrução Normativa n.º 46, de 23 de outubro de 2007, não apresenta nenhuma regulamentação para outras parâmetros físico-químicas, a não ser para a que afere o teor de proteínas, gordura e acidez.

Segundo Punyia (2015) e Bylund (2015), as propriedades físicas mais importantes do iogurte são: viscosidade, consistência e textura. Entretanto, características como pH, o sabor e aroma, e a cultura láctica são aspectos considerados relevantes, do ponto de vista de qualidade do produto.

Há uma grande controvérsia entre os autores quanto ao valor ideal de pH em iogurtes fermentadas, atualmente os valora mais aceitos pela comunidade científica são pH 4,0 a 4,6 e acidez variando entre 0,9 a 1,3% ácido láctico, assim, os valores experimentais obtidos para as formulações $F_1$ e $F_8$ foram significativamente diferentes daqueles obtidos para a formulação padrão ($C_1$) neste estudo 4,41, mas todos os valores experimentais apresentam-se dentro da faixa aceitável, obtendo-se para a formulação padrão, valores superiores a. $F_1$ e $F_8$. Fernandez *et al.*, (2013) avaliou o pH de 14 diferentes marcas de iogurtes comercializados em Viçosa MG e obteve valores similares aos reportados neste estudo. Por sua vez Silva, Bessa e Da Silva, (2017), na determinação de pH em iogurte *light* prebiótico, encontraram valores entre 4,35 e 4,37.

Tabela 1 – Valores experimentais dos parâmetros físico-químicos dos iogurtes sabor morango

| Parâmetros | Formulações | | |
|---|---|---|---|
| | $F_1$ | $F_8$ | $C_1$ |
| pH | $4,28^{b} \pm 0,11$ | $4,27^{b} \pm 0,08$ | $4,41^{a} \pm 0,14$ |
| Extrato Seco Total (%) | $20,18^{c} \pm 0,67$ | $21,92^{a} \pm 0,55$ | $20,97^{b} \pm 0,94$ |
| Viscosidade (cSt) | $352,21^{b} \pm 4,09$ | $638,64^{a} \pm 5,23$ | $223,25^{c} \pm 3,55$ |
| Sinérese (%) | $60,11^{b} \pm 1,87$ | $66,30^{a} \pm 2,35$ | $42,05^{c} \pm 1,08$ |

a, b, c: Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si (p>0,05); n=2

Bylund, (2015), relata que tais diferenças podem estar relacionadas à concentração de cultura láctea utilizada e principalmente à atividade desta cultura, valor estabelecido para finalizar a fermentação e a variações de temperatura na etapa de resfriamento do iogurte no processamento, a fim de cessar a atividade da cultura durante a fermentação. Em temperaturas de resfriamento maiores, a atividade metabólica de bactérias do gênero *Lactobacillus é* favorecida,

ocasionando seu desenvolvimento e consequente redução no pH do iogurte, reduzindo assim a proporção de *Streptococcus salivarius* subsp. Thermophilus.

De acordo com Nero, Cruz e Bersot, (2017), o pH é importante parâmetro de qualidade, uma vez que o iogurte com (pH < 4,3) favorece a sinérese, devido a contração do coágulo causando à redução da hidratação das proteínas, fato este associado a menores índices de aceitação sensorial por parte dos consumidores.

Conforme Kilara e Chandan (2017), o teor de extrato seco total de iogurtes está diretamente relacionada com a sua estabilidade, viscosidade, qualidade e composição. Os valores expressos na Tabela 1 para este parâmetro, indicam a existência de diferenças significativas entre as formulações, as quais apresentam valores em torno de 19,5% e 22,4% de sólidos totais. Desta forma, os valores encontrados neste trabalho podem ser considerados normais, pois também foram similares aos obtidos por Mathias *et al.*, (2013), cujos valores variaram entre 19,0% e 22,0%.

Segundo Lee e Lucey (2010), outro parâmetro de grande importância tecnológica é a viscosidade em iogurtes, uma vez que produtos com baixa viscosidade apresentam baixos índices de aceitação no mercado consumidor. As formulações $F_7$, $F_8$ e $F_9$ apresentaram resultados similares as marcas de iogurtes comerciais.

Em relação ao parâmetro viscosidade, a análise de variância também indicou a existência de diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$) entre as formulações avaliadas, sugerindo que maiores valores de viscosidade em iogurtes podem estar relacionado a maior produção de ácido lático (menores valores de pH) e polissacarídeos, como a mucina, durante o processo de fermentação desenvolvido pelo *Lactobacillus bulgaricus*, fato este corroborado no estudo de Silva, Bessa e Da Silva, (2017).

Resultado semelhante foi encontrado por Antunes *et. al.*, (2015), que avaliou a incorporação de concentrado proteico de soro, onde as amostras com maior adição também apresentaram aumento na porcentagem de sólidos totais e viscosidade.

De acordo com Bylund (2015), o ácido lático sintetizado irá contribuir para a agregação das proteínas do soro e desestabilização das micelas de caseína, e, consequentemente, aumento na viscosidade, fenômeno o qual foi experimentalmente verificado, uma vez que a formulação $F_8$ apresentou menores valores de pH e viscosidade superior as formulações $C_1$ e $F_1$.

Alterações na aparência são ocasionadas por sinérese, superfície com grumos e descontínua, camada de gordura à superfície, água de condensação na tampa e falta de homogeneidade. Já em relação à textura se incluem separações em duas fases, falta de consistência ou consistência muito gelatinosa, gomosa, granulosa e viscosa, as quais comprometem a qualidade do produto, gerando ainda prejuízos para a indústria e a insatisfação do consumidor, assim a determinação de sinérese é um importante parâmetro indicativo de defeitos em iogurtes, levando à deterioração da sua aparência e contração da coalhada. (Rigo *et al*, 2016).

Os valores encontrados para o parâmetro sinérese, expressos na Tabela 1, indicam a existência de diferenças significativas entre as formulações analisadas, sendo a formulação $C_1$ (Padrão) aquela cujos resultados foram inferiores (42,05%), corroborando a influência do pH na ocorrência de sinérese, uma vez que em iogurtes com (pH < 4,3) observa-se uma maior propensão a sinérese, devido a contração do coágulo causando à redução da hidratação das proteínas, fato este associado a menores índices de aceitação sensorial por parte dos consumidores, conforme constatado neste estudo, a partir da análise da Tabela 1 e Figura 1.

No setor de alimentos, a análise sensorial é de grande importância por avaliar a aceitabilidade mercadológica e a qualidade de iogurtes, sendo parte inerente ao plano de controle de qualidade de uma indústria. É por meio dos órgãos dos sentidos que se procedem tais avaliações, e, como são executadas por pessoas, é importante um criterioso preparo das amostras testadas e adequada aplicação do teste para se evitar influência de fatores psicológicos (Teixeira, 2009).

De acordo com Lee e Lucey, 2010, a textura e a propensão à sinérese (separação do soro) são umas das principais características que irão definir a qualidade do iogurte, pois para o consumidor, a qualidade de produto como os iogurtes deve ser definida a partir da interação das características físicas e químicas com a aceitação dos consumidores.

Os resultados obtidos para a aceitação sensorial das diferentes formulações de iogurtes estão expressos na Tabela 2, onde observa-se que a formulação padrão ($C_1$) obteve os maiores índices de aceitação, com nota média de 7,58, esta, estatisticamente diferente das demais.

Diferença esta corroborada pela análise dos julgadores através da aplicação do teste duo-trio, onde verificou-se conforme resultados obtidos pelo número mínimo de respostas corretas (27 respostas) necessárias para concluir que existe uma diferença perceptível entre as formulações. Após a tabulação dos resultados do teste duo-trio, se observou que foram obtidas 33 respostas corretas, as quais indicavam que os julgadores também identificaram a existência de diferença entre as amostras correspondentes as formulações $F_1$ e $C_1$.

Tabela 2 – Valores médios das pontuações obtidos para a aceitação geral das diferntes formulações

| Formulações | Pontuação |
|---|---|
| $C_1$ | $7,58^{a} \pm 1,17$ |
| $F_1$ | $5,55^{b} \pm 1,81$ |
| $F_8$ | $3,45^{c} \pm 1,97$ |

a, b, c: Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ($p>0,05$); n= 42

Estes valores, enfatizam a percepção do consumidor a características sensoriais tais como aparência a qual sofre grande influência de parâmetros físico-químicos como pH e viscosidade, os quais já foram discutidos neste estudo, ocasionando distintos índices de aceitação.

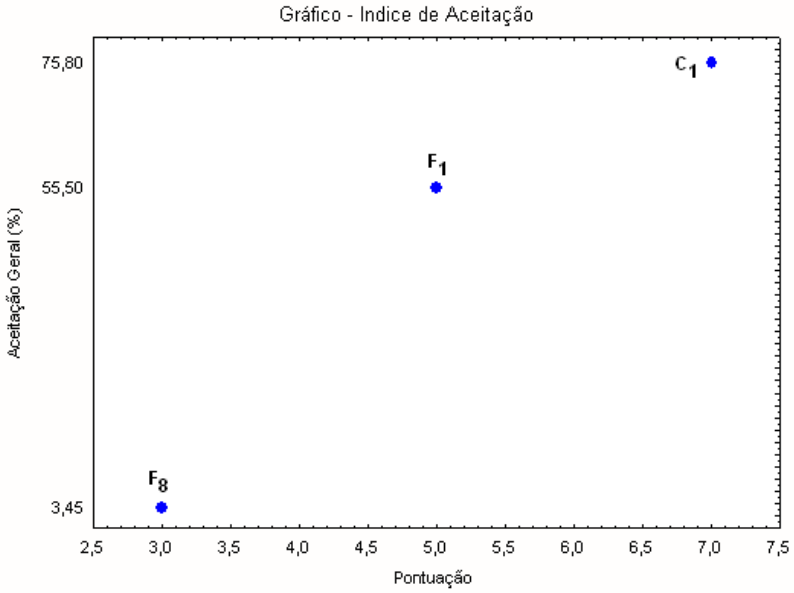



Figura 1: Aceitação geral das diferentes formulações de iogurte

## 4. CONCLUSÕES

Mediante os resultados obtidos concluiu-se que os parâmetros físico-químicos de qualidade pH, viscosidade e sinérese são características que exerceram influência na aparência das diferentes formulações de iogurte e afetam a percepção do consumidor em relação a aceitação sensorial.

De acordo com as condições experimentais verificadas neste estudo, foi possível concluir que o parâmetro pH exerceu influência junto ao índice de sinérese, sendo assim, um fator determinante da maior aceitação sensorial da formulação $C_1$.

Conforme a Instrução Normativa 46, todas as formulações avaliadas atenderam aos padrões estabelecidos para o parâmetro mínimo de qualidade pH.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a o instituto federal de educação ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus de Erechim pela concessão das bolsistas.

## 6. REFERÊNCIAS

ANTUNES, A. R., FARINÃ, L. O., KOTTWITZ, L. B. M., PASSOTTO, J. A., 2015. Desenvolvimento e caracterização química e sensorial de iogurte semidesnatado adicionado de concentrado proteico de soro. *Revista Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, Vol. 70, n. 1, p. 49, jan/fev.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2017. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)* – Padrão de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, Brasília.

BRASIL. Instrução Normativa n. 30 de 29 de jun. de 2018. *Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BYLUND, G., 2015. *Dairy Processing Handbook*. 2 st Edition, Tetra Pak Dairy Processing Handbook, p. 234-278.

CHAVAN, R. S.; GOYAL, M. R., 2018. *Technological Interventions in Dairy Science: Innovative Approaches in Processing, Preservation, and Analysis of Milk Products*, Ed. CRC Press, Londres, p. 336.

DA SILVA, A. C. S. M., 2015. *Introdução à análise sensorial de gêneros alimentícios e sua aplicação na indústria alimentar*. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto, p. 14.

FARNSWORTH, J.P.; Li, J.; HENDRICKS, G.M.; GUO, M.R., 2006. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*. nº 65, p. 113-121.

FERNANDES, E. N.; ABREU, C. C.; OLIVEIRA, I. C.; RASMINI, J. P. A.; CUNHA, A. F., 2013. Qualidade Físico-química de Iogurtes Comercializados em Viçosa (MG)**,** *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, Vol. 26, n. 3, p. 119-1348. abr/jun.

GOMES, L. M. M., 2012. *Inclusão de carotenoides de pimentão vermelho em ciclodextrinas e avaliação da sua estabilidade, visando aplicação em alimentos*. (Dissertação) Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, p. 18.

GUIMARÃES, D. H. P.; IODELIS, A.; AGUIAR, L. F. S., 2016. Análisis de los Parámetros Reológicos y Sensoriales de Yogur de Guayaba Enriquecido con Cereales. *Revista de Ciencia y Tecnología*, n. 25, Posadas jun.

International Organization for Standardization (ISO), Sensory Analysis Methodology – Duo-trio test, Second Edition, 2004.

KILARA, A.; CHANDAN, R. C., 2017. *Elaboración de yogur y leches fermentadas*, 1° Edition, Editora Acribia, Zaragoza, Espanha, p. 35-67.

LEE, W. J.; LUCEY, J. A., 2010. Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Seoul, Vol. 23, n. 9, p. 1127-1136.

LIMA, S. C. G. et al., 2011. Efeito da adição de diferentes sólidos na textura, sinérese e característica sensorial de iogurte firme. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Vol. 66, n. 383, p. 32-39.

LINS, A. D. F.; DE LIMA, A. L. R.; COSTA, M. L.; FEITOSA, R. M.; DE MORAES, M. S.; QUIRINO, D. J. G.; SAMPAIO, A. C. F., 2015. Impacto sob a aceitação sensorial de iogurtes enriquecidos com polpa de maracujá adoçados com açúcar e com mel. *Revista AGROTEC*, Vol. 36, n. 1, p. 104.

MATHIAS, T. R. S.; ANDRADE, K. C. S.; ROSA, C. L. S.; SILVA, B. A., 2013. Rheological evaluation of different commercial yoghurts. *Brazilian Journal of Food Technology*, Vol. 16, n. 1, p. 12-20, jan/mar.

NERO, L. A.; DA CRUZ, A. G.; BERSOT, L. S., 2017. *Produção, Processamento e Fiscalização de Leite e Derivados*,1° Edição, Editora Atheneu, São Paulo, p. 22-34.

PUNIYA, A. K., 2015. *Fermeted Milk and Dairy Products*, 2st edition. Ed. Boca Raton, Londres, p. 744.

RIGO, E.; BADIA, V.; CAVALHEIRO, D.; MATUELA, B.P.; MORIN, V.V.; BIANCHI. A.E., 2016. Avaliação do Efeito da Adição de Transglutaminase na Sinérese e Atributos Reológicos do Iogurte de Leite Ovino com Calda de Mamão (Carica papaya L.). *Revista CSBEA* – Vol. 2, n. 1, p. 3-7.

SILVA, A. G. F; BESSA, M. M.; DA SILVA, J. R., 2017. Elaboração e Caracterização Físico-química e Sensorial de Iogurte light Prebiótico Adoçado com Mel. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, Vol. 72, n. 2, p. 74-84, abr/jun.

TEIXEIRA, L. V., 2009. Análise sensorial na indústria de alimentos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Vol. 64, n. 366, p. 12-21.

VIEIRA, G. S., 2015. *Análise sensorial: terminologia, desenvolvimento de padrões e treinamento de painelistas para avaliação de produtos cosméticos*. (Dissertação) Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, p. 4.

WU, C. F.J.; HAMADA, M. S., 2009. *Experiments: Planning, analysis and optimization*, 2° Edition, Editora Wiley, p. 48-94.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES INADEQUADAS DE REFRIGERAÇÃO NO CRESCIMENTO DE *Staphylococcus aureus* EM FILÉ DE PEITOS DE FRANGO

**Marina Andreia de Souza**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
mariina.2010@hotmail.com

**Caroline Casanova**
Aurora Alimentos
carol-casanova@auroraalimentos.com.br

**Rosicler Colet**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
rosicler.colet@bol.com.br

**Geciane Toniazzo Backes**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
gtoniazzo@uricer.edu.br

**Rogerio Luis Cansian**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
cansian@uricer.edu.br

***RESUMO -*** *A cadeia do frio além de manter o produto, prolonga o seu período de comercialização, mas se faz necessário a verificação do seu uso, quanto à temperatura ideal de conservação para cada tipo de alimento. Condições inadequadas de armazenamento em relação à temperatura permitem que ocorra a proliferação de micro-organismos por muitas vezes patogênicos, causando prejuízos na saúde do consumidor. O* **Staphylococcus aureus** *está presente no trato intestinal dos seres humanos e animais, tornando-se um risco de contaminação. Algumas cepas de* **S. aureus** *são capazes de produzir enterotoxinas, que são os agentes causadores das intoxicações alimentares. A conservação por refrigeração consiste em reduzir a temperatura do frango para valores entre -1 e 7°C. Tendo em vista a segurança alimentar e a negligência de alguns estabelecimentos quanto à falta de controle das temperaturas de expositores de frangos refrigerados, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de* **S. aureus** *inoculado em filé de peitos de frango previamente refrigerados e posteriormente expostos a quatro condições de temperatura ambiente (5, 15, 20 e 25°C). Observa-se a diferença de comportamento no crescimento de* **S. aureus** *nas diferentes condições de temperatura, sendo que o mesmo ficou praticamente constante até quatro horas de incubação, caracterizando a fase de adaptação (Lag) do micro-organismo ao meio e as condições de temperatura. A elevação da temperatura para 25°C acarretou no aumento de aproximadamente 4 Log de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) após 12 horas de exposição, enquanto que nas temperaturas de 15 e 20°C este crescimento foi menor e semelhante (3,5 Log UFC). Para as amostras armazenadas a 5ºC verifica-se um aumento de 1,4 Log UFC durante 12 horas de incubação.*

***Palavras-chaves:*** *Enterotoxinas, contaminação, conservação de alimentos.*

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população vem aumentando e consequentemente, a demanda por alimentos, elevando o padrão pela procura dos consumidores por segurança alimentar e qualidade, relacionada a atributos microbiológicos, sensoriais e nutricionais. Alimentos frescos ou processados, de origem vegetal ou de origem animal podem vincular alguns micro-organismos patogênicos, responsáveis por problemas de saúde pública, além de grandes perdas econômicas (FREITAS et al., 2014). Os produtos de origem animal e em especial o frango ou os produtos derivados estão associados com a propagação de doenças alimentares (Reis et al., 2013).

***Staphylococcus*** são micro-organismos que fazem parte da microflora da carne crua de aves (RUSSELL, 2008). Segundo Franco e Landgraf (2008) e Barbut (2002) são necessárias entre $10^5$ (5 log10) e $10^6$ (6 log10) Unidades Formadoras de Colônias de ***S. aureus*** por grama de alimento para que a toxina seja formada em níveis capazes de provocar intoxicação alimentar na população. Assim, nesta faixa, as amostras mantidas a temperaturas acima de 15, 20 e 25ºC, por mais de 12 horas já poderiam representar risco à saúde do consumidor, caso a cepa fosse enterotoxigênica. Segundo Wiethölter e Fassina (2017), quanto maior for à exposição à zona de perigo (10 a 60°C) de bactérias patogênicas e micro-organismos produtores de toxinas, maior será a velocidade de multiplicação. Cada micro-organismo possui uma diferente temperatura para seu desenvolvimento, onde os psicrófilos e psicrotróficos multiplicam-se bem em baixas temperaturas e correspondem aos principais agentes de deterioração de carnes, pescados, ovos e frangos (SOUZA et al., 2013). O seu crescimento é retardado por mais baixas temperaturas (MAPA, 2006). Entretanto, temperaturas logo acima da temperatura mínima de crescimento (10°C) já pode permitir o seu desenvolvimento, ainda que de forma mais lenta que em temperatura ótima (35/37°C). Segundo a RDC n°216, de 15 de setembro de 2004 (BRASIL, 2004), os utensílios utilizados à exposição ou distribuição de alimentos devem ser devidamente dimensionados e a temperatura deve ser regularmente monitorada.

Os fatores que intervêm na conservação de alimentos são inúmeros, dentre eles, um dos mais importantes é a temperatura. Durante a conservação a mesma é de fundamental importância para minimizar reações químicas e inibir o desenvolvimento dos microrganismos que causam a deterioração dos alimentos e prejudicam a saúde do consumidor, logo a utilização correta dos equipamentos de frio, influencia significativamente na deterioração e na segurança alimentar (MÜRMANN et al., 2008). Alimentos preparados devem ter a temperatura reduzida de 60°C para 10°C em até duas horas. Em seguida, o mesmo deve ser conservado refrigerado em temperaturas inferiores a 5°C, ou congelado à -18°C.

Tendo em vista a segurança alimentar e a negligência de alguns estabelecimentos quanto à falta de controle das temperaturas de expositores de alimentos refrigerados, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de ***S. aureus*** em quatro diferentes condições de temperatura de armazenamento de filé de peito de frango.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada a cepa ***S. aureus*** ATCC 6538, previamente crescida em caldo Luria Bertani - LB (10 $g.L^{-1}$ triptona; 5 $g.L^{-1}$ extrato de levedura; 5 $g.L^{-1}$ NaCl). Para crescimento foi realizado o repique em caldo LB e incubado por 24 horas a 37ºC.

Para o preparo do inóculo, após crescimento foi realizada a diluição da concentração de células em água peptonada 0,1% até aproximadamente $1{,}0x10^2$ UFC/mL, mergulhou-se por um minuto 12 pedaços com aproximadamente 10g de frango em 90 mL da mesma água e após transferido para embalagens herméticas. A cada hora, uma embalagem passou pelo homogeneizador *Stomacher*. Por fim, para a contagem de células foi realizado plaqueamento em meio Plate Count Agar
– PCA (5 $g.L^{-1}$ Digestão enzimática da Caseína; 2,5 $g.L^{-1}$ Extrato de levedura; 1 $g.L^{-1}$ Glicose (Dextrose); 15 $g.L^{-1}$ Ágar). As diluições procederam-se em água peptonada 0,1%.

A simulação da negligência em relação à refrigeração foi realizada mantendo-se a amostra de frango inoculada com a bactéria sob refrigeração por 2 horas para aclimatação ao frio e posterior desligamento do refrigerador e manutenção da porta aberta. Após 2 horas, cada amostra foi submetida a uma diferente temperatura (5, 15, 20 e 25°C) simulando diferentes condições ambientais. A cinética de crescimento em cada condição foi realizada por plaqueamento e contagem de amostras retiradas de hora em hora, por 12 horas, em triplicata.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o comportamento e crescimento de ***S. aureus*** inoculado em filé de peito na concentração inicial de $10^2$ UFC/mL e incubado a 5, 15, 20 e 25ºC.

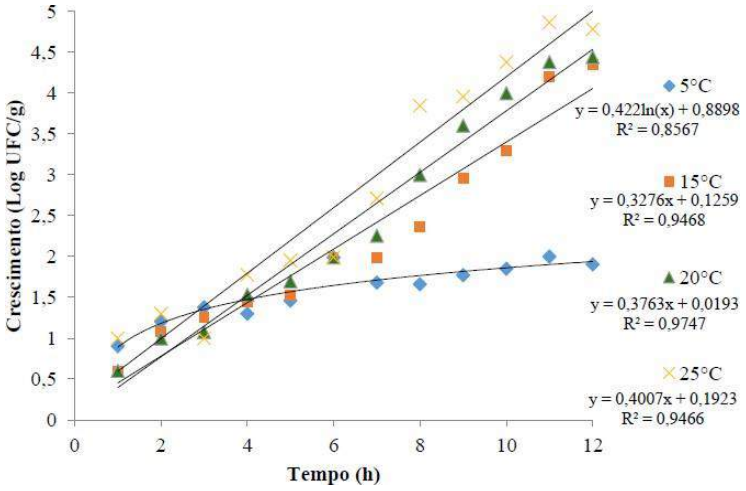



Figura 1: Cinética de crescimento de ***S. aureus*** em peitos de frango previamente inoculados, refrigerados e submetidos a abuso de temperatura de 25, 20, 15 e 5°C.
Fonte: Os autores (2018).

Ao analisar a Figura 1, observa-se a diferença de comportamento no crescimento de ***S. aureus*** nas diferentes condições de temperatura, sendo que o mesmo ficou praticamente constante até quatro horas de incubação, caracterizando a fase de adaptação (Lag) do micro-organismo ao meio e as condições de temperatura. A elevação da temperatura para 25°C acarretou no aumento de aproximadamente 4 Log de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) após 12 horas de exposição, enquanto que nas temperaturas de 15 e 20°C este crescimento foi menor, porém semelhante, 3,5 Log UFC. Para as amostras armazenadas a 5ºC verifica-se um aumento de 1,4 Log UFC durante 12 horas de incubação. Essa diferença é explicada uma vez que a temperatura influência diretamente na taxa das reações biológicas que acontecem para a reprodução dos micro-organismos.

O aquecimento causado pelo desligamento por longos períodos, como noturnos ou finais de semana, de equipamentos de frio é um problema, pois torna favoráveis as condições para o desenvolvimento e reprodução de micro-organismos muitas vezes patogênicos, principalmente em dias quentes, com temperatura ambiente mais elevada. Fenômeno este comprovado neste estudo pelo crescimento de ***S. aureus*** quando as amostras de filé de frango foram submetidas ao abuso de temperatura.

Segundo Pereira et al. (2010), a cadeia do frio compreende todo processo de armazenamento, conservação, distribuição, transporte e manipulação dos produtos, tendo em vista o controle e manutenção adequada das baixas temperaturas necessárias para garantir a mesma. Qualquer falha pode comprometer a qualidade dos produtos, pois as velocidades das reações químicas, bioquímicas e microbiológicas estão diretamente relacionadas com a temperatura, ocasionando impacto nos produtos. Segundo Guedes (2008), o controle da temperatura é um parâmetro muito importante a ter em conta na plena manutenção e eficácia da cadeia de frio para a segurança alimentar, no entanto o parâmetro ou fator tempo também é muito importante para que um produto alimentar se mantenha seguro. O período de tempo a que um alimento poderá estar sujeito a temperaturas anômalas é de igual forma decisiva para a segurança dos produtos alimentares ou gêneros alimentícios refrigerados e/ou congelados.

## 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS, a CAPES, ao CNPq e a URI Campus de Erechim pelo apoio e pela infra-estrutura para realização dos experimentos.

## 5. REFERÊNCIAS

Barbut, S., 2002. Poultry products processing: an industry guide. Boca Raton: CRC, p.548.

Brasil. Ministério da Saúde. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA*. Resolução RDC n°216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, de 16 de setembro de 2004.

Franco, B.D.G.M; Landgraf, M., 2005. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Atheneu.

Guedes, R., 2008. Manutenção da cadeia de frio nos produtos ultracongelados. *Segurança e Qualidade Alimentar*, n. 5, p. 54.

Freitas, A. G. DE, Benneta, A. C. D., Da fonseca, R. A., Barbosa, A. P. C., Morais, K. S., Pimentel, A. E De Aguiar, D. B., 2014. Ocorrência de intoxicação alimentar em um estado brasileiro. *Arquivos de Ciências da Saúde*. Vol. 21, n. 3, p. 81-86.

Mapa, 2006. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (Brasil). Circular no. 668 de 19 de setembro de 2006. *Diretrizes para preparação de Plano de APPCC (HACCP) para o processo de abate de aves*. Brasília. 2006

Murmman L.; Santos, M.C.; Cardoso, M. Prevalence., 2008. Genetic characterization and antimicrobial resistance of Salmonella isolated from fresh pork sausages in Porto Alegre, Brazil. *Food Control*, Porto Alegre, Vol. 20, p.191-195.

Pereira, V., Doria, E., Junior, B., Silveira, V., Filho, L., 2010. Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos refrigerados e congelados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 30, n. 1, p. 158-165.

Reis, A.L., Montaninhi M., Bittencourt J.V., Destro M.T., Bersolt L.S., 2013. Gene detection and toxin production evaluation of hemolysin BL of *Bacillus cereus* isolated from milk and dairy products marketed in Brazil. *Braz. J. Microbiol*. 44:1195-1198.

Russel, S.M., 2008. The effect of an acidic, copper sulfate-based commercial sanitizer on indicator, pathogenic, and spoilage bacteria associated with broiler chicken carcasses when applied at various intervention points during poultry processing. *Poultry Science*, v.87, p.1435–1440.

Souza, M. C., Teixeira, L. J. Q., Da rocha, C. T., Ferreira, G. A. M. E Filho, T. L., 2013. Emprego do frio na conservação de alimentos. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Vol. 9, n. 16, p. 1027-1046.

Wietholter, M. J. E Fassina, P., 2017 Temperatura de armazenamento e distribuição dos alimentos. *Segurança Alimentar e Nutricional*, Vol. 24, n. 1, p. 17-25.

## 6. RESPONSABILIDADE DA NOTICIA

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CONTEÚDO FENÓLICO E ANTIOXIDANTE DE EXTRATOS DA CASCA DE ARAÇÁ-AMARELO (*PSIDIUM CATTLEIANUM* SABINE)

**Marina Volpato Dacoreggio**
**Aniela Pinto Kempka**
Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química
Rodovia BR 282, Km 573,7, Linha Santa Terezinha, Pinhalzinho, SC, Brasil, CEP 89870-000
maarivolpato@hotmail.com
aniela.kempka@udesc.br
**Liziane Schittler**
Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química
Rodovia BR 282, Km 573,7, Linha Santa Terezinha, Pinhalzinho, SC, Brasil, CEP 89870-000
liziane.schittler@udesc.br

***Resumo.*** *Este estudo avaliou a atividade antioxidante de dois extratos da casca de Araçá-amarelo (Psidium cattleianum Sabine) obtidos por dois métodos de extração: assistido por ultrassom e com auxílio de enzimas. Foram determinados os compostos fenólicos totais e para a avalição da atividade antioxidante, o consumo do radical livre •DPPH. Como resultado obteve-se que para o conteúdo fenólico o método de extração com auxílio de enzimas se apresentou como o melhor, enquanto que para a atividade antioxidante a extração assistido por ultrassom se mostrou mais eficiente. Na sua totalidade, observou-se que além da polpa, a casca de araçá-amarelo também apresenta atividade antioxidante expressiva, podendo assim, vir a ser utilizada na dieta humana, com fins protetores.*

***Palavras-chave:*** *complexo de enzimas, ultrasssom, casca, Psidium cattleianum Sabine.*

## 1. INTRODUÇÃO

O araçazeiro, *Psidium cattleianum* Sabine ocorre na costa atlântica brasileira, desde a Bahia até o Rio Grande do Sul. É uma espécie de arbusto ou arvoreta com altura que pode alcançar até 6 metros, e apresenta tronco com diâmetro entre 15 e 25 cm. As folhas são simples, opostas, glabras, verde-reluzentes. Suas flores possuem coloração branca, são diclamídeas, hermafroditas, e seu cálice se apresenta fechado em forma de botão, o qual se rompe em lobos irregulares. O fruto apresenta uma baga globosa, ovoide ou achatada, de coloração amarela ou vermelha quando madura, coroada pelo cálice. É comestível e quando maduro, é doce, suculento, levemente acidulado e adstringente. A polpa pode se apresentar na coloração branca amarelada ou avermelhada, e a espécie é dividida em dois morfotipos denominados Araçá-amarelo e Araçá-vermelho (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011).

Quanto a capacidade nutricional Franco (1999) apontou a presença de retinol, tiamina, riboflavina, niacina, ácido ascórbico, açúcares, proteínas, lipídeos, cálcio, fósforo, ferro e 37,8 kcal em 100 g de fruto. Andrade et al. (1993) determinaram 85-86% de umidade, pH de 3,0, 1,87% de ácido cítrico e 11°Brix, além de 5,05% de açúcares, 0,103 mg de carotenóides e 389,34 mg de vitamina C em 100 g de amostra.

Estudos mostram o efeito protetor do consumo de Araçá na dieta, com diminuição de níveis de colesterol total, LDL e gordura no fígado (NORA et al., 2014). Além disso, análises sob aspectos farmacológicos também demonstraram atividades antibacterianas, hipoglicemicas, analgésicas e anti-inflamatórias (RAMIREZ et al., 2009).

Segundo Oliveira et al. (2011), os antioxidantes naturais presentes em frutas e hortaliças vem despertando o interesse da comunidade científica vista a indicação de alguns estudos que sugerem a associação entre o frequente consumo desses alimentos e a baixa incidência de doenças degenerativas, tais como o câncer, mal de Alzheimer e alguns tipos de catarata. Há relatos de que a concentração de nutrientes nos resíduos das frutas é maior do que na polpa (IGNAT et al., 2011). Sendo assim, este trabalho teve o objetivo de analisar o conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante da casca do araçá-amarelo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Material Vegetal

Os frutos de Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) morfotipo amarelo foram coletados na região sul do estado de Santa Catarina (28°19'31.9" a 28°19'36.5" S; 49°03'50.3" a 49°03'51.9" W), nos meses de dezembro a março de 2018. Todas as análises foram desenvolvidas na cidade de Pinhalzinho/SC, no laboratório de Bioprocessos do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química, da Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC.

### 2.2 Preparo das amostras

O fruto coletado foi selecionado descartando os materiais vegetais com podridões, lesões e/ou defeitos. Após o material vegetal foi separado em polpa e casca, e a casca foi seca em estufa de circulação forçada de ar, a 40±5ºC, até massa constante. Ao fim da secagem, a casca foi triturada manualmente, e peneirada em malhas de 8 Mesh, obtendo-se finalmente, as amostras para extração.

### 2.3 Preparo e obtenção dos extratos

O procedimento para obtenção dos extratos foi adaptado de Larrauri et al. (1997). Para extração, foram utilizadas 15 gramas da casca e dois métodos para cada uma das frações, sendo:

Extração M1 (água + enzima): foram adicionados 100 mL de água destilada às amostras da casca e à mistura, foi adicionada 20 µL de um complexo de celulases (Novozyme 22086). A solução foi colocada em banho com agitação orbital a 100 rpm e 45ºC por três horas, e após, permaneceu mais três horas em repouso. O sobrenadante foi filtrado com papel filtro quantitativo ('Whatman' nº 40) e armazenado em balão volumétrico de 100 mL, envolto por papel alumínio.

Extração M2 (água + ultrassom): foram adicionados 100 mL de água destilada às amostras da casca. Após, essa mistura foi colocada em um banho de ultrassom (70 W) por três horas. Após, essa mistura permaneceu em repouso, no escuro, por mais três horas. O sobrenadante foi filtrado com papel filtro quantitativo ('Whatman' nº 40) e armazenado em balão volumétrico de 100 mL, envolto por papel alumínio.

Os extratos foram armazenados em tubos de Eppendorf e mantidos congelados a -83 ºC até sua utilização.

### 2.4 Teor fenólico total

A quantificação do teor fenólico total foi realizada pelo método colorimétrico Folin-Ciocalteu, com modificações (BONOLI et al., 2004). Uma alíquota de cada amostra diluída foi misturada com 0,5 mL de Folin-Ciocalteu, e agitou-se por 1 minuto. Adicionou-se 2 mL de carbonato de sódio (20%) à mistura e a mesma foi agitada por 30 segundos. Após incubação (2h) no escuro, a absorbância a 750 nm foi lida em relação ao branco preparado. A curva padrão foi preparada por soluções de ácido gálico em metanol. Determinou-se a concentração de compostos fenólicos totais nos extratos em equivalentes de ácido gálico utilizando uma equação obtida a partir do gráfico padrão de ácido gálico e expressa em mg de ácido gálico/g de amostra seca. Os dados foram apresentados como a média das análises em triplicata.

### 2.5 Avaliação da atividade antioxidante

A avaliação da atividade de eliminação de radicais livres dos extratos foi baseada na medição da capacidade de redução de antioxidantes pelo radical DPPH. O método descrito por Brand-williams et al. (1995) foi utilizado com ligeiras modificações. A atividade foi apresentada pelo valor de IC50, definido como a concentração do antioxidante necessário para eliminar 50% do DPPH presente na solução de teste. Todos os testes foram realizados em triplicata e os valores de IC50 foram relatados como médias ± DP das triplicatas.

### 2.6 Análise estatística

A análise estatística dos resultados experimentais será realizada utilizando-se o software Statistica® 10.0 (Statsoft Inc.), sendo realizado o Teste de Tukey, com 95 % de confiabilidade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 exibe os resultados referentes aos teores de fenólicos totais e a atividade antioxidante para os extratos obtidos a partir de métodos de extração com auxílio de enzimas e assistido por ultrassom da casca do araçá-amarelo.

Tabela 1. Comparativo do teor de compostos fenólicos totais e % de redução do DPPH entre o método assistido por ultrassom e o com auxílio de enzimas.

| Fração da planta | Fenólicos Totais |
|---|---|

| | (mg de EAG/ g de material vegetal seco) | |
|---|---|---|
| | **Água + Ultrassom** | **Água + Enzima** |
| | 13,85 ± 0,26A | 34,61 ± 0,10B |
| | **IC50 (µg/mL)** | |
| **Casca** | **Água + Ultrassom** | **Água + Enzima** |
| | 99,25 ± 2,84B | 402,39 ± 16,19A |

*Letras maiúsculas (comparação entre métodos de extração).

Os valores máximos de compostos fenólicos foram significativamente diferentes para as duas metodologias, entretanto nenhum superior a 50 mg de EAG/ g de material vegetal seco. O teor de fenólicos totais na extração com auxílio de enzimas foi de 34,61 mg de EAG/ g de material vegetal seco, enquanto que na extração assistida por ultrassom o teor foi de 13,85 mg de EAG/ g de material vegetal seco. Observa-se que o uso da enzima potencializou a extração dos compostos fenólicos. O complexo enzimático é composto por celulases, que são enzimas classificadas como glicosil-hidrolases e que fazem a degradação da parede celular vegetal, hidrolisando oligossacarídeos e polissacarídeos e reconhecendo as ligações α – 1,4 entre as moléculas de glicose (RAVEN et al., 2001).

Meregalli et al. (2016), ao estudar o araçá-vermelho, encontrou valores superiores à 45 mg de EAG/g de casca utilizando a extração convencional e valores superiores à 58 mg de EAG/g de casca através da extração assistida por ultrassom. A habilidade dos compostos fenólicos de serem antioxidantes depende de sua estrutura química, sendo que os principais grupamentos responsáveis são: a) a fração orto 3',4'- dihidroxi no anel B (como exemplo a catequina e quercetina); b) a fração 5,7-dihidroxi no anel A (como exemplo o kaempferol); c) a dupla ligação entre as posições 2 e 3 combinadas com o grupo carboxílico na posição 4 do anel C, que provocam ressonância. Entretanto, alterações nos arranjamentos dos grupos hidroxilas e substituições por glicosilação acabam diminuindo a atividade antioxidante (RICE-EVANS et al., 1997).

Com relação a atividade antioxidante, avaliada em função da IC50 dos dois extratos, a mesma apresentou valores de 99,25 µg/mL e 402,39 µg/mL de inibição para as metodologias assistida por ultrassom e com auxílio de enzimas, respectivamente, utilizando extrato na concentração de 15 g/100mL. Sabe-se que a quantidade de DPPH que é removida do meio, acompanhada pela queda na absorbância da solução do radical, é proporcional à atividade sequestradora da amostra. Faz-se possível então assumir que a inibição de DPPH é equivalente à atividade antioxidante das substâncias presentes na amostra (ESPÍN, 2000).

Vinholes et al. (2015) encontrou valores de IC50= 330 ± 10 µg/mL para o araçá-amarelo, enquanto Posa (2016) encontrou valores de 393,60 µg/mL. Meregalli et al. (2016) também relacionou o alto teor de antocianinas totais encontradas na casca do araçá vermelho com a eficiência encontrada na inibição de DPPH. De uma forma geral as antocianinas são mais reativas do que os demais compostos fenólicos, devido basicamente à sua forma de cátion, que pode ser facilmente oxidada e reativa.

## 4. CONCLUSÃO

Confirmou-se que além da polpa, a casca do araçá-amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine) apresenta atividade antioxidante. Quanto aos métodos utilizados, percebeu-se que os teores de compostos fenólicos foram maiores quando utilizou-se a extração com auxílio de enzimas, entretanto a IC50 foi maior. Na sua totalidade, observou-se que além da polpa, a casca de araçá-amarelo também apresenta atividade antioxidante expressiva, podendo assim, vir a ser utilizada na dieta humana, com fins protetores.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao programa UNIEDU/FUMDES PÓS-GRADUAÇÃO, pela concessão de bolsa de estudo.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. S.; ARAGÃO, C. G.; FERREIRA, S. A. Caracterização física e química dos frutos de araçá-pêra (Psidium acutangulum D.C). Acta Amazonica, Manaus, v. 23, n. 2-3, p. 213-217, 1993.

BONOLI, M.; VERARDO, V.; MARCONI, E.; CABONI, M. F. Antioxidant phenols in barley (Hordeum vulgare L.) flour: Comparative spectrophotometric study among extraction methods of free and bound phenolic compounds. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. v. 52, n. 16 p. 5195–5200, 2004.

BRAND-WILLIANS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-*Food Science and Technology*, Lincoln, v. 28, n.1, p. 430 25-30, 1995.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas pra o futuro*. p. 205 - 208, 2001.

ESPIN, J.C. Anthocyanin-based natural colorants: A new source of antiradical activity for food stuff. *Journal of Agriccultural and Food Chemistry*, Washington, v.48, p.1588-1592, 2000.

FRANCO, G. *Tabela de composição química dos alimentos*. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1999.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, Barking, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Davis v.45, n.2, p. 1390-1393, 1997.

MEREGALLI, M. M.; BACKES, G. T.; MIGNONI, M. Estudo da cinética de extração e influência da concentração de solvente no teor de antocianinas totais da casca do araçá-vermelho (Psidium cattleianum Sabine). In: *II CONIGTI, 2016, Erechim*. II CONIGTI, 2016.

NORA, C. D.; DANELLI, D.; SOUZA, L. F.; RIOS, A. O., JONG, E. V.; FLÔRES, S. H. Protective effect of guabiju (myrcianthes pungens (O. Berg) D. Legrand) and red guava (Psidium cattleyanum Sabine) against cisplatin-induced hypercholesterolemia in rats. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 50, n. 3, jul./sep. 2014.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO-SANT´ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. Acta Scientiarum. Health Sciences. Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

POSA, J. Compostos bioativos e capacidade antioxidante de araçás (*Psidium Cattleianum* Sabine) morfotipo amarelo e vermelho cultivados no rio grande do sul. Trabalho de conclusão de curso de graduação (nutrição) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

RAMIREZ, M. R.; HENRIQUES, A. T.; RASEIRA, M. C. B.; ZUANAZZI, J. A. Estudo fitoquimico das frutas de Psidium cattleyanum Sabine e Eugenia pyriformim Cambess. In: *Reunião anual da sociedade brasilera de química*, 32., Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Química, 2009.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F; EICHCHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 6ª. ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 2001.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, v. 2, n. 4, p. 152-159, 1997.

VINHOLES, J.; LEMOS, G.; KONZEN, E.; FRANZON, R. C.; VIZZOTO,M. Atividade antiglicêmica e antioxidante em araçá amarelo e vermelho. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 10., Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Clima Temperado, 2015.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo apresentado nesse artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ATIVIDADE ANTIMICROBIANA EM CONCENTRADO PROTEICO DE SORO DE LEITE OVINO DIAFILTRADO HIDROLISADO POR PROCESSO ENZIMÁTICO

**Mateus Baptista Nunes**
**Daiane Preci**
**Bruna Maria Saorin Puton**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Rogério Luis Cansian**
**Clarice Steffen**
**Juliana Steffens**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões, Departamento de Ciências Agrárias-, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim
e-mails: mateus.baptistanunes@gmail.com; daiapreci@yahoo.com.br; brunnamariasrn3@gmail.com; ilizandrafernandes@yahoo.com.br; cansian@uricer.edu.br; clarices@uricer.edu.br; julisteffens@uricer.edu.br

***Resumo:*** *O objetivo do presente estudo foi avaliar a atividade antimicrobiana de concentrado proteico de soro de leite ovino diafiltrado (CPSLOD) solução 10% (p/v) hidrolisado com a enzima Corolase H-pH em diferentes tempos (1, 2, 3, 4, 5 e 6 h). O grau de hidrólise promovido pela Corolase H-pH (1% baseado no conteúdo proteico) em CPSLOD solução 10% (p/v), 60°C e pH 8, permaneceu entre 12% e 15% durante as 6 h. Embora todos os tempos de hidrólise tenham apresentado atividade antimicrobiana frente a bactérias Gram-positiva (Listeria monocytogenes) e Gram-negativa (Salmonella choleraesuis), o tempo de 1h apresentou melhores resultados. O concentrado proteico de soro de leite ovino diafiltrado (solução 10% (p/v) em 60°C, pH 8,0) hidrolisado com enzima Corolase H-pH (1% baseado no conteúdo proteico) em 1 h de reação, é recomendado como ideal para a obtenção de peptídeos com atividade antimicrobiana frente a Salmonella choleraesuis e a Listeria monocytogenes.*

***Keywords:*** *Grau de hidrólise, atividade antimicrobiana, proteínas do soro de leite ovino.*

## 1. INTRODUÇÃO

As proteínas são nutricionalmente importantes devido ao fornecimento de aminoácidos essenciais (Pires *et al*., 2006). Na ingesta de proteínas, os aminoácidos primários são hidrolisados por enzimas proteolíticas no trato gastrintestinal e liberam os chamados aminoácidos incomuns, fragmentos denominados de peptídeos bioativos, os quais estão criptografados dentro das proteínas do soro de leite e encontram-se inativos até a sua liberação (Jeewanthikim *et al*., 2017). Peptídeos bioativos podem ser definidos como componentes alimentares que independente das suas funções nutritivas desempenhe uma atividade de regulação no organismo humano (Gobbetti *et al*., 2004). Estudos revelam que um incremento na atividade biológica pode ser constatada após a hidrólise das proteínas por via química, processo fermentativo ou tratamento enzimático (Corrêa *et al*., 2014; Jeewanthikim *et al*., 2017). A aplicação de enzimas tem apresentado maiores benefícios em detrimento ao uso de ácidos e bases, em virtude da preservação de aminoácidos, não exigência de remoção do sistema e por requererem quantidades menores para atuação. Além disso, hidrolisados proteicos a partir de enzimas, tem melhorado as propriedades nutricionais e funcionais (Almeida *et al.*, 2013).

O efeito antimicrobiano em soro de leite ovino foi revisado por Hernández-Ledesma *et al.* (2011), salientando o aumento a nível mundial da produtividade do leite ovino e o potencial do soro de leite desta espécie frente ao fornecimento de compostos bioativos (Benkerroum, 2010).

Frente a essas características a utilização de soro de leite ovino no setor alimentício poderia propiciar a agregação de valor através de sua incorporação como ingrediente. Pesquisas envolvendo essa temática voltada ao soro de leite da espécie ovina ainda são escassas quando comparadas ao número de pesquisas em concentrados de soro de leite bovino.
O objetivo geral do presente estudo foi hidrolisar o concentrado proteico de soro de leite ovino diafiltrado e avaliar o grau de hidrólise e o potencial antimicrobiano frente as bactérias *Salmonella choleraesuis* e *Listeria monocytogenes*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

Concentrado proteico de soro de leite ovino diafiltrado (CPSLOD) em pó com 84,3% de proteína, 6,32% de lactose, 4,76% de gordura e 0,48% de cinzas foi utilizado como matéria prima para hidrólise enzimática. Para a hidrólise foi utilizada a protease comercial (Corolase H-pH) cedida pela Ab Enzymes.

### 2.2 Preparo dos Hidrolisados

Foram preparadas soluções do CPSLOD a 10% (p/v) utilizando-se tampão Tris-HCl (tris (hidroximetil) aminometano cloridrato) pH 8, em concentração de enzima de 1% (baseada no conteúdo proteico) e avaliado os tempos de reação de 1, 2, 3, 4 ,5 e 6 h em plataforma de agitação orbital (shaker- ethik technology - Ultitec, modelo 430 RD), agitados a 100 rpm e temperatura de 60ºC. Em cada tempo foi efetuada a inativação através de aquecimento em banho maria a 75ºC por 15 s conforme Silva et al. (2009) e confirmados pela medida de atividade da enzima, antes e após tratamento enzimático (Dias *et al*., 2008).

### 2.3 Grau de Hidrólise

O método de Sorensen foi utilizado para a determinação do nitrogênio- aminado (NA) de acordo com a AOAC (2005) e o nitrogênio total (NT) foi determinado pelo método de Kjeldahl, utilizando-se 6,38 como fator de conversão de nitrogênio total para proteína total (AOAC, 2005). O grau de hidrólise (GH) foi obtido de acordo com a Equação 1.

$$\%GH = \frac{nitrogênio\ -\ aminado\ (NA)}{nitrogênio\ total\ (NT)}.100 \qquad (1)$$

Para a determinação do (NA) um volume de 5 mL da amostra foi adicionado a um mesmo volume de solução de formaldeído-fenolftaleína e o pH ajustado com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,2 mol/L para pH 7. A amostra foi então submetida a titulação com esta mesma solução até viragem de cor, sendo, em seguida, adicionado um excesso, equivalente ao volume titulado, dessa mesma solução. Por fim, fez-se uma retro-titulação com uma solução de ácido clorídrico (HCl) a 0,2 mol/L.

### 2.4Atividade antimicrobiana dos hidrolisados a partir CPSLOD

As bactérias (American Type *Culture Collection - ATCC)* foram previamente crescidas em meio Lúria Bentani - LB (Acumedia), por 24 h a 37ºC em estufa (Menocin-TecnoFrio), chamado de pré-inóculo. Os procedimentos foram realizados em cabines de segurança biológica sob condições assépticas. O teste foi realizado em triplicata com volume total de 200 µL em cada poço das microplacas, com preparo de controle (200 µL de meio LB). Os Hidrolisados foram testados variando-se a concentração em relação ao meio LB: 30 e 70% (60 µL de hidrolisado e 140µL de meio LB), 25 e 75% (50µL de hidrolisado e 150µL de meio LB), 20 e 80% (40µL de hidrolisado e 160µL de meio LB). Para todas as concentrações foram adicionados 10 µL do pré-inóculo. Após o preenchimento das microplacas foi realizada a primeira leitura em leitora Elisa (Thermo Plate, EL 800). Posteriormente as mesmas foram incubadas em estufa a 37ºC por 24 h onde foi realizada nova leitura em comprimento de onda de 490 nm (Silva, 2013).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados o grau de hidrólise e atividade antimicrobiana em relação ao tempo de hidrólise. Observa-se um aumento gradativo no grau de hidrólise até 5 h de reação, apresentando diferença estatística ($p>0,05$) entre os tempos. Após 5 h de reação não apresentou diferença estatística ($p<0,05$), sendo este o tempo de reação, o de maior grau de hidrólise.

Os hidrolisados em diferentes tempos (1, 2, 3, 4, 5 e 6 h) apresentaram atividade antimicrobiana, frente a *S. choleraesuise e a L.monocytogenes.* Todas as amostras analisadas controlaram mais efetivamente a *S. choleraesuis* (Tabela 1). As duas bactérias investigadas foram controladas desde a primeira hora de hidrólise, o que poderia ser sugestivo da liberação de peptídeos bioativos.

Tabela 1. Grau de hidrólise, atividade antimicrobiana da protease (corolase H-pH) em diferentes tempos.

| Tempo (h) | Grau de Hidrólise (%) | Atividade Antimicrobiana | |
|---|---|---|---|
| | | ***Salmonella choleraesuis* (mg/mL)** | ***Listeria monocytogenes* (mg/mL)** |
| 1 | $12{,}07^{e} \pm 0{,}06$ | $5{,}0^{e} \pm 0{,}01$ | $12{,}5^{c} \pm 0{,}04$ |
| 2 | $13{,}03^{d} \pm 0{,}06$ | $5{,}0^{e} \pm 0{,}01$ | $15{,}0^{b} \pm 0{,}07$ |
| 3 | $14{,}06^{c} \pm 0{,}05$ | $7{,}5^{d} \pm 0{,}01$ | $15{,}0^{b} \pm 0{,}06$ |
| 4 | $15{,}18^{b} \pm 0{,}07$ | $10{,}0^{c} \pm 0{,}04$ | $20{,}0^{a} \pm 0{,}08$ |
| 5 | $15{,}55^{a} \pm 0{,}01$ | $12{,}5^{b} \pm 0{,}06$ | $20{,}0^{a} \pm 0{,}07$ |
| 6 | $15{,}55^{a} \pm 0{,}01$ | $15{,}0^{a} \pm 0{,}06$ | $20{,}0^{a} \pm 0{,}10$ |

*Média ±desvio padrão seguido de letras minúsculas iguais/colunas indicam não haver diferença estatística ao nível de 5% de significância (Teste de Tukey).

Os valores de grau de hidrólise permaneceram entre 12,07 e 15,55%, sendo similares aos encontrados para Adjonu *et al*. (2013) para isolados proteicos de soro de leite bovino (solução 5% w/v) utilizando-se pepsina, tripsina e quimotripsina em tempos de 12 e 24 h de hidrólise, oscilando entre 11 e 14%. Contudo no presente estudo o tempo de hidrólise foi menor utilizando a enzima corolase H-pH. Enzimas submetidas a tempos maiores de hidrólise de 24 h apresentaram graus de hidrólise baixos como apresentado por Adjonu et al. (2013), devido à natureza globular das proteínas do soro de leite que podem limitar a atuação da enzima. O grau de hidrólise encontrado por Pacheco *et al*. (2005) em 6 h de reação, foi de aproximadamente 20% para os hidrolisados de pancreatinina, protamex e alcalase a partir de concentrado proteico de soro de leite bovino (solução 10% p/v) contendo após DF; 82,72 e 6,64% de proteína e lactose, respectivamente. Para Adjonu *et al*. (2013), o grau de hidrólise depende da enzima, já que cada uma possui sua especificidade. Silva et al. (2009), avaliando o grau de hidrólise de soluções aquosas (10% p/v) do concentrado proteico de soro de leite bovino (32,6% de proteína e 54,8% de lactose) por 5 h, constatou maior grau de hidrólise (30%) para a enzima pancreatinina (corolase PP), seguido da enzima *Aspergillus oryzae* (flavouzyme, de 27%) e relação enzima substrato 1:100.

Os hidrolisados em diferentes tempos (1, 2, 3, 4, 5 e 6 h) apresentaram atividade antimicrobiana, frente a *S. choleraesuis* e a *L. monocytogenes.* Todas as amostras analisadas controlaram mais efetivamente a *S. choleraesuis*.

Dentre todos os tempos de hidrólise, a maior inibição para ambas as bactérias foi alcançada em 1 h, ou seja, concentrações menores de hidrolisado a partir do CPSLOD (solução 10% p/v) neste tempo foram necessários para inibir a *S. choleraesuis* (5 mg/mL) e a *L. monocytogenes* (12,5 mg/mL). O mesmo grau de inibição para a *S. choleraesuis* foi obtido no tempo de 2 h de hidrólise não diferindo estatisticamente ($p<0{,}05$) do tempo de 1h de reação, porém um menor grau de inibição foi constatado para a *L. monocytogenes* (15 mg/mL). Os tempos de hidrólise de 4, 5 e 6 h apresentaram a mesma inibição frente a *L. monocytogenes* de maneira a não apresentarem diferença estatística ($p<0{,}05$).

## 4. CONCLUSÃO

O grau de hidrólise promovido pela corolase H-pH (1% baseado no conteúdo proteico) do CPSLOD permaneceu entre 12% e 15 % durante as 6 h de reação. Em tempo de hidrólise de 5h, a reação tornou-se constante, o que poderia indicar que a enzima, frente ao substrato, tenha atingido a sua capacidade hidrolítica máxima.

A atividade antimicrobiana frente a bactérias Gram-negativa; *Salmonella choleraesuis,* quanto para a bactéria Gram positiva; *Listeria monocytogenes* foi constatada em todos os tempos de hidrólise (1,2,3,4,5 e 6 h). Todas as amostras analisadas controlaram mais efetivamente a *S. choleraesuis.* O tempo reacional de 1 h apresentou menores valores de concentração inibitória mínima (CIM) frente às duas bactérias avaliadas.

O CPSLOD (solução 10% (p/v) hidrolisado apresentou-se com capacidade para geração de peptídeos bioativos com atividade antimicrobiana, sendo o tempo de reação de hidrólise de 1 h, suficiente para apresentar atividade antimicrobiana frente a *Salmonella choleraesuis e a Listeria monocytogenes*.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI pela disponibilidade dos laboratórios, ao CNPq, FAPERGS e CAPES pelo apoio financeiro, à Ab Enzymes pela doação das enzimas, á Gran Paladare pela doação do soro de leite.

## 7. REFERENCES

Adjonu, R.; Doran, G.; Torley, P. E. and Agboola, S., 2013. Screening of whey protein isolate hydrolysates for their dual functionality: Influence of heat pre-treatment and enzyme specificity. *Food Chemistry*, v. 136, p. 1435-1443.

Almeida, C. C.; Junior, C. A. C.; Silva, A. C. O. and Alvares, T. S., 2013. Proteína do soro do leite: composição e suas propriedades funcionais. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.9, n.16,1840 p.

AOAC. 2005. Associationof Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis of the association analytical chemists*. Maryland: AOAC, 18 ed.

Benkerroum, N., 2010.Antimicrobial Peptides Generated *from* Milk Proteins*: A* Survey *and* Prospects *for* Application *in the* Food Industry*: A* Review. *International Journal* of *Dairy Technology,* v. 63, p. 320-338.

Corrêa, A. P. F.; Daroit, D. J.; Fontoura, R.; Meira, S. M. M.; Segalin, J. and Brandelli, A., 2014. Hydrolysates of sheep cheese whey as a source of bioactive peptides with antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory activities. *Peptides* (New York, N.Y. 1980). v. 61, p. 48-55.

Dias, D. R.; Vilella, D.M.; Silvestre, M.P.C. and Schwan, R.F., 2008. Alkaline protease from Bacillus sp. Isolated from coffee bean grown on cheese whey. *World Journal* of *Microbiology* and *Biotechnology*, v. 24, p. 2027-2034.

Gobbetti, M. and Minervini, F.; Rizzello, C.G., 2004. Angiotensin I-converting-enzyme-inhibitory and antimicrobial bioactives peptides. *International Journal of Dairy Technology*, v. 57, n. 2/3, p. 173-188.

Hernández-Ledesma, B., Ramos, M. and Gomez-Ruiz, J.A., 2011. Bioactive components of ovine and caprine cheese whey. *Small Ruminant Research*. v. 101, No. 1, p. 196-204.

Jeewanthikim, R. K. C.; Kim, M. H.; Lee, N. K.; Yoon, Y. C. and Paik, H.D., 2017.Peptide Analysis and the Bioactivity of Whey Protein Hydrolysates from Cheese Whey with Several Enzymes. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*., Korea. Anais 37. P. 62-70.

Pacheco, M. T. B.; Dias, N. F. G.; Baldini, V. L. S.; Tanikawa, C. and Sgarbieri, V. C., 2005. Propriedades funcionais de hidrolisados obtidos a partir de concentrados protéicos de soro de leite. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 2, p. 333-338.

Pires, C. V.; Oliveira, M. G. A.; Rosa, J. C. and Costa, N. M. B., 2006. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 26, n.1, p. 179-187.

Silva, L. C., 2013. *Determinação da Composição química e de Compostos Bioativos em Cogumelos Comestíveis*. Programa de Pós graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. Itaperinga-BA.

Silva, M.C.; Silva, V.D.M.; Lana, A.M.Q. and Silvestre, M.P.C., 2009. Grau de hidrólise e perfil peptídico de hidrolisados enzimáticos obtidos a partir de concentrado protéico do soro de leite. *Alimentos* e *Nutrição*, v. 20, p. 395-402.

## 8. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# IMOBILIZAÇÃO DE *Penicillium brasilianum* EM POLIURETANO PARA PRODUÇÃO DE POLIGARACTURONASE.

**Morgana de Marco**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
morganademarco@gmail.com

**Jamile Zeni**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
jamilezeni@uricer.edu.br

**Rafaela Nery de Melo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
rafinha.nm@outlook.com

**Roberta Cristina de Souza**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
robertacristina89@hotmail.com

**Rogério Luis Cansian**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
cansian@uricer.edu.br

**Eloane Malvessi**
Universidade de Caxias do Sul. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul-RS, Brasil. CEP 95070-560
emalvess@ucs.br

**Denise Oliveira Guimarães**
Universidade Federal do Rio de Janeiro. Av. Aluizio da Silva Gomes, 50, Novo Cavaleiros, Macaé - RJ, Brasil. CEP 27930-560
deolguimaraes@gmail.com

***Resumo.*** *A produção de enzimas pectinolíticas produzidas por fungos são comumente utilizadas em preparações comerciais, sendo que as poligalacturonases de fungos, apresentam características interessantes para diversos fins industriais. O uso das pectinases pode ser limitado devido, principalmente, a problemas operacionais como a instabilidade nas condições do processo. A imobilização microbiana é uma estratégia para melhorar a estabilidade enzimática e obter rendimentos mais elevados. Assim, a imobilização do fungo Penicillium brasilianum em suporte de poliuretano para a produção da enzima exopoligalacturonase foi objeto de estudo neste trabalho. A imobilização foi realizada em contato da espuma pura banhada em meio PDB e distribuída em meio de cultivo PDA com uma suspensão de esporos do P. brasilianum, permanecendo 5 dias em estufa à 25 °C, para impregnação das células. A produção da PG foi realizada utilizando diferentes quantidades de espumas em diferentes quantidades de meio reacional. A máxima atividade (1,94 U/mL) foi obtida pela imobilização do P. brasilianum em espuma de poliuretano nas condições de produção com 3 cubos de espuma em 63 mL de meio reacional, mostrando que a imobilização do fungo em poliuretano é promissora, sendo uma estratégia potencial para obter maior rendimento do processo em relação às células livres (1,54 U/mL).*

***Palavras chave:*** *Imobilização, exopoligalacturonase, Penicillium brasilianum.*

## 1. INTRODUÇÃO

As enzimas são macromoléculas de alta massa molecular formadas por subunidades conhecidas por aminoácidos, unidos por ligações peptídicas, existindo amplamente em plantas, animais e microrganismos. As enzimas são catalisadores com as vantagens de alta atividade catalítica, seletividade, especificidade e biodegradabilidade. Além disso, elas podem operar em condições amenas de pH, normalmente próximos da neutralidade e temperatura e pressões

suaves (Neto, 2002; Schmid *et al*., 2001; Koeller e Wong, 2001). Em função destas características, o desenvolvimento e aprimoramento de processos enzimáticos em substituição a processos químicos convencionais têm adquirido bastante importância na indústria de alimentos (Carvalho, 2007).

As pectinases são um grupo de enzimas de bastante interesse para a indústria alimentícia, pois têm a capacidade de degradar as substâncias pécticas, componentes estruturais da parede celular e da lamela média dos vegetais. Naturalmente presentes nos tecidos vegetais, são hidrolases com capacidade de causar mudanças na textura das frutas e hortaliças. Daí, seu interesse de aplicações pela indústria, sendo utilizadas para a redução na viscosidade da polpa de frutas, melhorando a extração, filtração e clarificação dos sucos, no aceleramento ou inibição da formação de espuma nas fermentações de chá e café, no auxílio da extração de óleos vegetais ou mesmo na manutenção de pedaços de frutas para posterior adição em outros produtos (Resende *et al*., 2004; Oliveira, 2005).

Em função da grande diversidade de substânicas pécticas e pela complexidade que apresentam, diferentes tipos de enzimas pectinolíticas de diferentes formas de ação, são necessárias para degradar as variadas substâncias pécticas. A poligalacturonase (PG), pectinaliase (PL) e pectatoliase (PTL) são consideradas enzimas despolimerizantes, pois clivam a molécula de pectina entre os monômeros de ácido galacturônico, seja por hidrólise (PG) ou transeliminação (PL, PTL), enquanto que, a pectina metil esterase (PME) catalisa a desesterificação dos grupamentos metoxil da pectina (Martos *et al*., 2013).

As poligalacturonases são as principais enzimas com função de hidrólise da cadeia de ácido poligalacturônico, catalisando a reação. Elas atuam nas ligações glicosídicas $\alpha$-1,4 entre metoxilados do ácido galacturônico. As endopoligalacturonases (Endo-PG) hidrolisam aleatoriamente as ligações $\alpha$-1,4 entre unidade de ácido galacturônico, enquando as exopoligaracturonases (Exo-PG) hidrolisam as ligações sucessivas do ácido poligalacturônico, a partir da extremidade não redutora (Carvalho *et al*., 2001; Assis *et al*., 2004; Lohani *et al*., 2004; Jayani *et al*., 2005).

Os fungos são geralmente usados como fontes das preparações comerciais de enzimas pectinolíticas. As PGs produzidas por fungos são requisitadas para diversos fins industriais, devido a uma maior atividade enzimática e faixa de pH ótima baixa, características adequadas para a maioria dos aplicativos industriais, principalmente nos setores de processamento de frutas e vegetais (Fawole e Odunfa, 2003; Dziezak, 1991).

A imobilização microbiana é uma estratégia para obter rendimentos mais elevados com gastos substancialmente reduzidos, ela pode ser descrita como o aprisionamento, adsorção ou ligação de células ou enzimas a uma matriz inerte. Um processo baseado em células imobilizadas pode ser operado de um modo contínuo e proporciona uma melhor consistência do produto, maiores taxas de fermentação e menores perdas. Células imobilizadas em um reator contínuo podem ser usadas para alcançar uma maior densidade celular que, em última instância, aumenta a produtividade do processo (Almeida *et al*., 2003, Pieter *et al*., 2006).

Com base no exposto, este estudo visou a imobilização do fungo *Penicillium brasilianum* em suporte de poliuretano para a produção da enzima exopoligalacturonase.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Microrganismo e preparo do inóculo

O cultivo do fungo *Penicillium brasilianum* foi realizado em Ágar Potato Dextrose (PDA) (Merck KGaA, Germany) durante 5 dias em estufa à 25°C. Após, os esporos foram coletados adicionando-se ao frasco 20 mL de solução aquosa de Tween 80 (0,1 % v/v) e cacos de porcelana estéreis. Para contagem dos esporos foi retirado, assepticamente, 1 mL da suspensão, sendo diluída de 10 a $10^{-3}$ vezes em solução aquosa estéril de Tween 80 (0,1 % v/v). A suspensão resultante foi transferida para uma câmara de Neubauer para contagem dos esporos (Freire, 1996), sendo fixada uma concentração de esporos de $5x10^6$ (Zeni, 2009).

### 2.2 Produção de exopoligalacturonase com *Penicillium brasilianum* livre

A bioprodução de exopoligaracturonase foi realizada empregando meio maximizado em frascos agitados (Zeni, 2009), contendo 32 g/L de pectina cítrica (Vetec/Química Fina, Brasil) 10 g/L de extrato de levedura (Vetec/Química Fina, Brasil) e 0,5 g/L sulfato de magnésio (CAQ/Casa da Química, Brasil), sendo adicionado neste meio de cultura o inóculo de *Penicillium brasilianum*. As condições de cultivo foram 30 °C, 180 rpm, pH inicial de 5,5 e 96h.

### 2.3 Atividade da exopoligaracturonase de *Penicillium brasilianum* livre

A determinação da atividade pectinolítica da exopoligaracturonase foi realizada através da medida da liberação de grupos redutores pelo método DNS (ácido dinitrosalisílico), proposto inicialmente por Miller (1959), com modificações. Foram preparados 500 µL de substrato com 0,5 % de pectina cítrica em tampão acetato de sódio pH 4,5 e incubados a 37 °C por 15 minutos para estabilização da temperatura. A seguir, 500 µL de extrato enzimático foram adicionados ao substrato e a reação incubada a 37 °C por 5 minutos, para o branco, foram adicionados 500 µL de água destilada. Após, adicionou-se 1000 µL de solução de DNS e a mistura foi mantida em ebulição por 6 minutos para

formação de cor, resfriada em banho de gelo e adicionados 8000 µL de solução 50 mM de tartarato duplo de sódio-potássio para estabilização de cor. A absorbância foi medida em espectrofotômetro Beckman Coutler, modelo DU640, a 540 nm, contra o branco. Uma unidade de atividade pectinolítica foi definida como a quantidade de ácido galacturônico liberada por mL de extrato enzimático por minuto (U= $\mu mol.min^{-1}$) sob as condições estudadas segundo uma curva padrão estabelecida com ácido a-D-galacturônico (Fluka Chemica, massa molecular 212,16) como açúcar redutor. A atividade da poligalacturonase foi expressa em unidade de atividade por mL (U/mL).

### 2.4 Síntese da espuma de poliuretano

A espuma de poliuretano (PU) foi desenvolvida adaptando as condições descritas por Nyari et al. (2016). Em 7000 µL de poliol foram adicionados 3000 µL de isocianato, mantendo homogeneização constante com auxílio de bastão de vidro. A polimerização foi realizada a temperatura ambiente, e após 24 h de secagem também à temperatura ambiente (22 ± 2°C), a espuma resultante foi cortada em cubos de 1 $cm^3$.

### 2.5 Imobilização do *Penicillium brasilianum* por contato

Para a imobilização do *Penicillium brasilianum*, a espuma pura foi banhada durante 1 minuto em meio Potato Dextrose Broth (PDB) (Himedia Laboratories, India) e em seguida distribuída em meio de cultivo PDA com uma suspensão de esporos do *P. brasilianum*. O inóculo permaneceu durante 5 dias em estufa à 25 °C.

### 2.6 Produção de Exo-PG com *Penicillium brasilianum* imobilizado

Os cubos de espuma contendo as células de *P. brasilianum* foram lavados com 20 mL de água destilada com auxílio de pisseta para desprendimento das células livres e, após, imersos em meio de cultura contendo 32 g/L de pectina cítrica, 10 g/L de extrato de levedura e 0,5 g/L sulfato de magnésio, com proporções variadas de espumas de poliuretano e meio de cultura, conforme Tabela 1, afim de verificar a melhor condição para quantidade de espuma e quantidade de meio reacional para produção da expoligaracturonase. As condições de cultivo foram 30 ºC, 180 rpm por 96 h.

Tabela 1. Variáveis de quantidade de espuma e de meio reacional para produção de exopoligalacturonase.

| Quantidade de cubos (unidade) | Quantidade de meio reacional (mL) |
|---|---|
| 1 | 9 |
| 1 | 15 |
| 1 | 21 |
| 3 | 27 |
| 3 | 45 |
| 3 | 63 |

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Atividade da enzima exopoligalacturose produzida pelo *Penicillium brasilianum* livre

A Fig. 1 mostra o comportamento da enzima exo-PG em função do tempo de produção. A atividade máxima (1,54 U/mL) foi obtida em 48h de incubação da cultura.

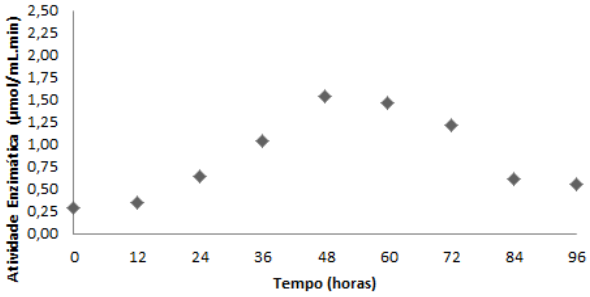



Figura 1. Produção de exopoligalacturonase por *Penicillium brasilianum* livre.

A produção de exo-PG por *Penicillium brasilianum* é escassa na literatura. Comparando aos resultados encontrados na literatura para produção de exo-PG por diferentes tipos de microganismos, pode-se observar que as atividades pectinolíticas foram semelhantes. Silva *et al.*, (2016) obtiveram 1,77 U/mL de PG por *Aspergillus aculeatus* URM4953 em fermentação submersa utilizando o substrato farinha da casca do maracujá. Soares et al. (2001) obtiveram cerca de 2,0 U/mL de PG, produzida por *Bacillus sp*. através de fermentação em estado sólido de farelo de trigo. Kawano et al. (2008) avaliaram o potencial de diferentes linhagens de fungos filamentosos quanto a atividades enzimáticas sendo que a maior atividade foi de 1,03 U/mL.

### 3.2 Produção de Exo-PG com *Penicillium brasilianum* imobilizado

Os resultados obtidos na imobilização de *P. brasilianum* para produção da expoligalacturonase estão apresentados na Fig. 2. A melhor atividade foi alcançada em 48h de produção para todas as condições avaliadas. O *P. brasilianum* imobilizado apresentou atividade enzimática superior quando comparado ao microrganismo em sua forma livre.

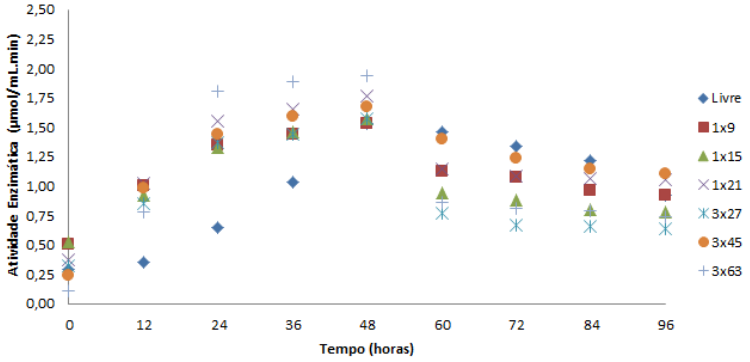



Figura 2. Produção de exopoligalacturonase por *Penicillium brasilianum* imobilizado com diferentes quantidades de espuma e de meio reacional.

A tecnologia de imobilização de células tem sido bastante aplicada na produção de enzimas. O confinamento de células em uma região específica preserva a atividade biocatalítica e torna as células recicláveis (Djordjević *et al.*, 2016). Ejaz *et al.* (2018) ao imobilizarem *Geotrichum candidum* AA15 em sabugo de milho, obtiveram quantidades maiores de pectinases (0,554 U/mL) do que o obtido a partir das células livres (0,215 U/mL).

Wan-Mohtar *et al.* (2016) ao imobilizarem *Ganoderma lucidum* em poliuretano visando produção de exopolissacarídeos, similarmente obtiveram elevada produção, justificando através da redução das limitações de transferência de massa, que possibilitou maior acesso ao substrato por parte das células.

A Tab. 1 mostra a atividade de exo-PG em 48h de produção nas diferentes quantidades de meio reacional e quantidade de cubos. Há um aumento de produção de exopoligalacturose com o aumento de meio reacional e quantidade de cubos. Nas quantidades de meio reacional de 9 e 15 mL, foi observado que a quantidade de meio era insuficiente, evidenciado pela exposição da espuma à condição que propiciou crescimento do fungo *P. brasilianum* pelos espaços livres do frasco que acondicionava as espumas e o meio reacional.

Tabela 1. Atividade máxima de exopoligalacturonase produzida por *Penicillium brasilianum* em 48 horas de produção.

| Quantidade de cubos (unidade) | Quantidade de meio reacional (mL) | Atividade máxima 48 horas (U/mL) |
|---|---|---|
| 1 | 9 | 1,53 |
| 1 | 15 | 1,59 |
| 1 | 21 | 1,76 |
| 3 | 27 | 1,57 |
| 3 | 45 | 1,67 |
| 3 | 63 | 1,94 |

Assim, a condição que apresentou melhores resultados foi a de 3 cubos de espuma de poliuretano em 63 mL de meio reacional, obtendo-se uma atividade máxima de 1,94 U/mL de exopoligalacturonase.

## 4. CONCLUSÃO

A máxima atividade de PG (1,94 U/mL) foi obtida pela imobilização do *Penicillium brasilianum* em espuma de poliuretano nas condições de produção com 3 cubos de espuma em 63 mL de meio reacional.

O emprego do microrganismo imobilizado mostrou um aumento de 126% na produção de exopoligalacturonase, mostrando que imobilização de *P. brasillianum* em poliuretano é promissora, sendo uma estratégia potencial para obter maior rendimento do processo em relação às células livres.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq, FAPERGS e URI pela concessão de bolsas e apoio financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS

Almeida, C., Brányik, T., Moradas-Ferreira, P., Teixeira, J., 2003. *Continuous production of pectinase by immobilized yeast cells on spent grains J. Biosci.* Bioeng., Vol. 96 (6), p. 513-518.

Assis, S. A., Ferreira B. S., Fernandes, P., Guaglianoni, D.G., Cabral J.M.S., Oliveira, O.M.M.F., 2004. *Gelatin-immobilized ectinametilesterase for production of low methoxyl pectina.* Food Chemistry Vol. 86 (3), p. 333-337.

Carvalho, H.A., Chitarra, M.I.F., Chitarra A.B., Carvalho, H.S., 2001. *Efeito da Atmosfera Modificada sobre Componentes da Parede Celular da Goiaba.* Ciênc. agrotec., Vol. 25 (3), p. 605-615.

Carvalho, E. A., 2007. *Caracterização de pectinases obtidas a partir dos resíduos industriais da polpa do abacaxi (Ananas comosus L. Merr) cv. Pérola*. Programa de pós-graduação em ciência e tecnologia de alimentos. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – Brasil.

Dziezak, J D., 1990. *Enzymes: catalyst for food processes.* Food Technol,ogy. Vol. 45, p. 78-85.

Djordjević, V., Gibson, W.B., Nedović, V. 2016. In: Mérillon, J.-M., Ramawat, K.G. (Eds.), *Immobilized Yeast Cells and Secondary Metabolites.* Fungal Metabolites. http://dx. doi.org/10.1007/978-3-319-19456-1_33-1.

Ejaz, U.; Ahmed, A.; Sohail, M., 2018. *Statistical optimization of immobilization of yest cells on corncob for pectinase production.* Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. Vol. 14, p. 450-456.

Fawole, O. B.; Odunfa, S. A., 2003. *Int. Biodeterior.* Biodegr. Vol. 52, p. 223.

Freire, D.M.G. 1996. *Seleção de microrganismos lipolíticos e estudo da produção de lipase por Penicillium restrictum.* Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

kawano, B. R.; Zuppardo, B.; Molina, S. M. G.; Cruz, S. H. 2008. *Avaliação comparativa da produção de xilanases e pectinases por diferentes linhagens de fungos.* In: ENZITEC, 2008. Anais do ENZITEC-2008.

Koeller, K. M., Wong, C.H., 2001. *Enzymes for chemical synthesis, Nature* Vol. 409 p. 23-240.

Jayani, R. S., Saxena, S., Gupta, R., 2005. *Process Biochem*. Vol. 40, p. 2931.

Lohani, S., Trivedi, P.K., Nath, P. 2004. *Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and IAA.* Postharvest Biology and Technology. Vol. 31, p. 119-126.

Martos, M. A., Zubreski, E. R., Garro, O. A., Hours, R. A. 2013. *Production of Pectinolytic Enzymes by the Yeast Wickerhanomyces anomalus Isolated from Citrus Fruits Peels* Biotechnology Research International. p. 7.

Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicyclic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, Washington, Vol. 31, p. 426 – 428.

Neto, P. R. 2002. *Obtenção de Ésteres Alquílicos (Biodiesel) por Via Enzimática a Partir do Óleo de Soja.* 2002. 133 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Nyari, N. L. D.; Fernandes, I. A.; Bustamante-Vargas, C. E.; Steffens, C.; De Oliveira, D.; Zeni, J.; rigo, E.; Dallago, R. M. 2016. *In situ immobilization of Candida antarctica B lipase in polyurethane foam support.* Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, Vol. 124, p. 52–61.

Pieter, J., Verbelen, David, P., De Schutter, Filip, D., Kevin, J.V., Freddy, R.D., 2006. *Immobilized yeast cell systems for continuous fermentation applications*. Biotechnol Lett., Vol. 28, p.1515-1525.

Schmid, A., Dordick, J. S., Hauer, B., Kiener, A., Wubbolts, M., Witholt, B., 2001. *Industrial biocatalysis today and tomorrow, Nature* – Vol. 409, p. 258-268.

Silva, J. C.; Melo, A. H. F.; Porto, T. S., 2016. *Produção de poligalacturonase por Aspergillus aculeatus urm4953 em fermentação submerse utilizando planejamento fatorial.* In: ENBEQ, XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Fortaleza/CE. Disponível em: < https://proceedings.science/proceedings/44/_papers/38799/download/fulltext_file1>. Acesso em 14 set 2018.

Soares, M. M. C. N.; Da Silva, R.; Carmona, E. C.; Gomes, E. 2001. *Pectinolytic enzyme production by Bacillus species and their potential application on juice extraction.* World Journal of Microbiology & Biotechnology, 17, 79-82.

Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I.; Abd Malek, R.; Harvey, L. M.; Mcneil, B. 2016. *Exopolysaccharide production by Ganoderma lucidum immobilised on polyurethane foam in a repeated-batch fermentation.* Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v. 8, p. 24–31.

Zeni, J. *Screening de microrganismos produtores de carotenóides e poligaracturonases.* 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional do Alto do Uruguai e das Missões – Campus de Erechim.

## 7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MICROENCAPSULAÇÃO DE *Lactobacillus helvéticus* E APLICAÇÃO EM CHOCOLATE BRANCO

**Najara Pinto Ribeiro Barro[1*]**
**Eunice Valduga[1]**
**Marcelo Mignoni[1]**
**Rogério Luis Cansian[1]**
**Leonardo Meirelles da Silva[1]**
**Thais Comin[1]**
**Danieli Bucior[1]**
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Avenida Sete de Setembro – 1621, Erechim – RS, Brasil.
*najara.rb@bol.com.br

***Resumo:*** *As novas tendências mundiais no mercado de chocolate, bem como a crescente busca dos consumidores por produtos diferenciados começam a demandar inovações e a produção de alimentos, com forte apelo voltado a saudabilidade, juntando a indulgência do chocolate com a presença de algum ingrediente que traga ao consumidor algum benefício à saúde. O principal interesse em encapsular um probiótico é aumentar seu tempo de vida dentro dos alimentos e com isso possibilitar a inclusão em diferentes produtos, como é caso do chocolate branco. A matriz encapuslante foi definida, sendo a mistura de 50% de goma arábica e 50% de maltodextrina. O Lactobacillus helvéticus apresentou boa taxa de sobrevivência após ser encapsulado por meio da técnica de spray dryer, com contagem final* $10^8$ *UFC/g, o que está de acordo com a legislação, pois a recomendação diária do produto está entre* $10^8$ *a* $10^9$ *UFC/g.*

***Palavras-chave:*** *Chocolate, Lactobacillus helvéticus, Spray Dryer*

## 1.r INTRODUÇÃO

Com a introdução de novos alimentos, cada vez mais os consumidores tornam-se exigentes e demandam novas necessidades para as indústrias alimentícias. Acredita-se que a formulação de um novo produto com propriedades funcionais possa atrair novos consumidores, bem como seu espaço no mercado, com o público alvo voltado a pessoas que desejam cuidar da saúde e também não deixar de lado o prazer de saborear um doce.

De acordo com o documento "Brasil Food Trends 2020" a tendência para o mercado de alimentos no Brasil é o desenvolvimento de formulações com o conceito de saudabilidade, ou seja, produtos com menor valor calórico, menor teor de gordura, redução de açúcar e que possuam propriedades funcionais (MADI; COSTA; REGO, 2010).

Dentro deste contexto, o mercado de chocolates tem proporcionado a diversificação de sabores, texturas e incorporação de ingredientes, como alternativa de ingredientes tem-se os probióticos, ainda pouco explorados nesse mercado, sendo um dos motivos a grande dificuldade de mantê-los ativos durante o armazenamento do produto.

Segundo Bampi et al. (2016), dentre os alimentos funcionais, os adicionados de micro-organismos probióticos vêm conquistando o mercado alimentício devido à seus diversos benefícios a saúde, sendo os microorganismos probióticos do gênero *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* os mais utilizados.

Nesse contexto, faz-se necessário agregar técnicas para garantir a sobrevivência destes micro-organismos durante o *shelf life* destes produtos. A técnica de microencapulação permite proteger compostos de interesse utilizando diferentes tipos de materiais poliméricos, convertendo-os em produtos de maior conveniência, aplicabilidade, além de possibilitar sua liberação controlada e melhorar a biodisponibilidade dos ativos (BANSODE et al., 2010; COOK et al., 2012).

A indústria alimentícia passa por intensa competitividade e evolução, o que traz oportunidades para criar e inovar. Baseado neste conceito, o chocolate que é um produto mundialmente conhecido e apreciado torna-se uma possibilidade de agregação de valor e funcionalidade a esse produto.

Com o intuito de atender este nicho de mercado, o desenvolvimento de um chocolate branco, escolhido pois na literatura ainda não temos estudos relacionados a adição de probiótico em chocolate branco, vem de encontro a

necessidade dos consumidores que buscam em um alimento funcionalidade, bem como satisfazer suas vontades e necessidades nutricionais.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1. Encapsulamento por *Spray Dryer*

#### 2.1.1 Definição da matriz e parâmetros de secagem

Inicialmente, realizou-se hidratação do agente encapsulante, testes preliminares conforme metodologia descrita por Pauletto (2016) com modificações. Variou-se a concentração de maltodextrina e goma arábica (tratamento 1: 70 % de maltodextrina: 30 % de goma arábica, tratamento 2: 60 % de maltodextrina: 40 % de goma arábica e tratamento 3: 50 % de maltodextrina: 50 % de goma arábica). Primeiramente, pesou-se 24 g da mistura de matodextrina e goma arábica nas proporções previamente definidas, esta mistura foi dissolvida posteriormente em 100 mL de solução tampão fosfato de sódio, pH 7,0 por um tempo de 2 h com agitação magnética. O material encapsulado obtido, foi então seco utilizando um secador por atomização *spray dryer* (Marca: Lab Plant, modelo: SD05). As condições operacionais da secagem por atomização em *spray dryer* foram definidas com base em testes preliminares e estudos referidos na literatura (VALDUGA et al., 2008; PAULETT0, 2016):

- Temperatura de entrada do ar de secagem: faixa de 60 a 70 ºC;
- Temperatura de saída do ar de secagem: faixa de 40 a 44 ºC;
- Pressão de atomização da amostra: 0,08 a 0,12 bar;
- Vazão média de alimentação da amostra no secador: 0,04 a 0,08 mL/min.;
- Diâmetro do orifício do bico injetor pneumático: 0,5 mm.

A amostra em solução (material encapsulante/solução tampão fosfato pH 7,0) foi bombeada até o topo do atomizador, onde entrou em contato com o ar aquecido na câmara de secagem, ocorrendo à evaporação imediata da umidade contida no material. A corrente de ar quente-sólido foi direcionada em um ciclone onde se efetuou a separação do extrato encapsulado em recipiente de vidro (coletor de pó). Como resposta avaliou-se a umidade e rendimento.

### 2.2 Preparo do inóculo probiótico

De acordo com o estudo realizado por Silva (2016) com adaptações, realizou-se o preparo do inóculo probiótico. As cepas liofilizadas de *Lactobacillus helvéticus* (LH 091) adquiridas comercialmente da empresa Sacco Brasil, foram reativadas em 10 mL de caldo Luria – Bertani (LB), incubadas em estufa a 35 °C ± 1°C por 48 h em duplicata, sendo que uma amostra seguiu o processo e a outra ficou incubada em geladeira a 4°C, como estoque. Após este período, foi transferido 10 mL do cultivo para 100 mL de caldo LB, completando-se 110 mL, o frasco com o cultivo foi incubado a 35°C ± 1 °C por 48 h. Após 48 h o frasco com 110 mL do cultivo foi subdividido, ou seja, 55 mL do cultivo foi adicionado a 500 mL de caldo LB e os outros 55 mL foram adicionados também a 500 mL de caldo LB, resultando em 1,1 L do cultivo, sendo incubado novamente a 35 °C ± 1 °C por 48 h. Em seguida, o material foi centrifugado a 7000 rpm por 10 min na temperatura de 5 °C, lavado duas vezes com citrato de sódio 2 %, sendo resuspenso em 7 mL de citrato de sódio 2 % para obtenção de uma suspensão bacteriana.

### 2.3 Contagem do microorganismo probiótico

Para as diluições seriadas do micro-organismo probiótico, baseado no estudo realizado por Silva (2016) com adaptações, foram realizadas 11 diluições, ou seja, partiu-se de uma contagem de $10^{-6}$ a $10^{-11}$ sendo que foi usado 1 mL da suspensão diluído em citrato de sódio 2 %. Adicionou-se 0,1 mL do inóculo para 0,9 mL da solução de citrato de sódio 2 %. Após as diluições foi realizado o plaqueamento das amostras $10^{-6}$ até $10^{-11}$, foi usado o processo de plaqueamento por profundidade empregando o meio ágar MRS (de Man, Rogosa e Sharpe). Foi incubado em estufa a 35 °C ± 1 °C por 48 h, em jarra de anaerobiose.

### 2.4 Encapsulamento do probiótico e secagem

Inicialmente, realizou-se ensaio preliminar com uma concentração de 24 g de agentes encapsulantes (definidos no item anterior), os quais foram hidratados com 100 mL de solução tampão fosfato de sódio, pH 7,0 por um tempo de 2 h com agitação magnética. Após esse tempo de hidratação foi adicionado 1 g de probiótico ($10^{12}$ UFC/g) sob agitação e após 10 min iniciou-se o processo de secagem, onde a mistura (probiótico/material encapsulante/solução tampão) foi transportada por uma bomba, a uma vazão de 0,08 mL/min, na temperatura de entrada de 70 °C e temperatura de saída de 44 °C, na pressão de 0,08 a 0,12 bar. Antes do processo de secagem o *spray dryer* foi higienizado com água Milli-Q, na temperatura de 150 °C, onde a mesma recirculou por um tempo de 10 min. A agulha do equipamento também ficou de molho previamente em álcool 70 % por 30 min. Após a etapa de secagem avaliou-se a contagem de probiótico, a umidade e rendimento. Após realização dos ensaios de secagem por *spray dryer* determinou-se a umidade pelo método do infravermelho em equipamento "Unidade de secagem Mettler LTJ" (Mettler, Brasil).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1Encapsulamento e secagem em *Spray Dryer*

As proporções de agentes encapsulantes (goma arábica e maltodextrina) e condições operacionais foram testados para definição dos parâmentros de secagem em *Spray dryer,* baseados no teor de umidade e rendimento do material encapsulado (Tabela 1).

Tabela 1: Definição parâmetros de secagem sem adição do probiótico.

| Tratamentos | Proporção agente encapsulante | Condições *spray dryer* | Umidade (%) | Massa |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 70% maltodextrina: 30 % goma arábica | Temperatura de entrada: 60 °C<br>Temperatura de saída: 40 °C<br>Vazão: 0,04 mL / min<br>Pressão: 0,08 a 0,12 bar | 17,4 | 10 g |
| 2 | 60% maltodextrina: 40 % goma arábica | Temperatura de entrada: 60 °C<br>Temperatura de saída: 40 °C<br>Vazão: 0,04 mL / min<br>Pressão: 0,08 a 0,12 bar | 15,8 | 10 g |
| 3 | 50% maltodextrina: 50 % goma arábica | Temperatura de entrada: 60 °C<br>Temperatura de saída: 40 °C<br>Vazão: 0,04 mL / min<br>Pressão: 0,08 a 0,12 bar | 15,5 | 11 g |
| 4 | 70% maltodextrina: 30 % goma arábica | Temperatura de entrada: 70 °C<br>Temperatura de saída: 44 °C<br>Vazão: 0,08 mL / min<br>Pressão: 0,08 a 0,12 bar | 11,5 | 10 g |
| 5 | 60% maltodextrina: 40 % goma arábica | Temperatura de entrada: 70 °C<br>Temperatura de saída: 44 °C<br>Vazão: 0,08 mL / min<br>Pressão: 0,08 a 0,12 bar | 10,5 | 10 g |
| 6 | 50% maltodextrina: 50 % goma arábica | Temperatura de entrada: 70 °C<br>Temperatura de saída: 44 °C<br>Vazão: 0,08 mL / min<br>Pressão: 0,08 a 0,12 bar | 10,2 | 11 g |

Das condições experimentais testadas o tratamento 5, na concentração de 50% de maltodextrina: 50% de goma arábica e temperatura de secagem de 70ºC foi considerado adequado ao encapsulamento e secagem por *Spray dryer,* por apresentar menor teor de umidade.

### 3.2 Avaliação da sobrevivência do probiótico encapsulado e submetido a secagem em *Spray dryer*

Os agentes encapsulantes goma arábica e maltodextrina e o probiótico foram testados para secagem em *Spray dryer* na melhor condição determinada no item anterior. Os testes realizados estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2– Parâmetros de secagem com os agentes encapsulantes e probiótico.

| Tratamentos | Proporção agente encapsulante | Umidade (%) | Rendimento (g) | Contagem (UFC/ g) | Tempo incubação (h) | Volume cultivo (mL) | Condições *spray dryer* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 50% maltodextrina: 50 % goma arábica | 10,58 | 11 | $10^8$ | 24 | 550 | T° entrada: 70 °C<br>T° saída: 44°C<br>Vazão: 0,08 mL / min<br>Pressão: 0,08 a 0,12 bar |
| 8 | 50% maltodextrina: 50 % goma arábica | 10,20 | 13 | $10^{12}$ | 48 | 1.100 | T° entrada: 70 °C<br>T° saída: 44 °C<br>Vazão: 0,08 mL / min<br>Pressão: 0,08 a 0,12 bar |

A determinação de umidade foi realizada por secagem sob infravermelho, obtendo-se 10,4 %. Esse valor assemelha-se com os valores obtidos no estudo realizados por Oliveira (2006), sendo eles 9,58% e 10,98% usando secagem por *Spray Dryer* para *L. acidophilus* e *B. lactis.* No estudo realizado por Nunes et al. (2018), os resultados de umidade encontrados foram 4,60 % a 5,71 % para *Lactobacillus acidophilus La-5*e de 4,61 a 5,34 % para *MB Bifidobacterium Bb-12,* esses valores estão diretamente ligados a temperatura usada na entrada e saída do *spray dryer.* Segundo Ferrarri et al. (2012), relataram que temperaturas mais altas implicam em maior taxa de transferência de calor para as micropartículas, resultando em maior evaporação da água e, consequentemente, menor teor de umidade.

O probiótico foi enumerado na fase de inóculo e também após a atomização da dispersão em *Spray dryer*. Na fase de inóculo realizou-se adaptações na metodologia de cultivo visando aumentar a massa celular, pois na primeira e na segunda contagem obtive-se $10^8$ UFC/g, que está de acordo com a legislação, pois a recomendação diária do produto está entre $10^8$ a $10^9$ UFC/g. Porém, visando uma contagem superior a $10^9$ UFC/g antes da secagem por *Spray dryer*, novas modificações foram realizadas em relação ao tempo de incubação e ao volume de cultivo obtendo-se uma contagem de $10^{12}$ UFC/g antes da secagem. Após o encapsulamento e secagem em *Spray dryer,* na vazão de 0,08 mL/min, na temperatura de entrada 70 °C e na temperatura de saída de 44 °C e pressão de 0,08 a 0,12 bar, obteve-se uma contagem final de $10^8$UFC/g.

De acordo com estudos realizados por Fritzen et al. (2013), os micro-organismos probióticos encontram dificuldades de viabilidade perante as condições de temperatura e pressão osmótica durante o processo de secagem por atomização. Quando a secagem por *spray* é utilizada, normalmente, uma grande parte da atividade probiótica é perdida depois de algumas semanas de armazenamento à temperatura ambiente.

Nunes et al. (2018) relatam que em relação aos diferentes tratamentos térmicos aplicados, a maior temperatura e o menor tempo (72 °C /15 s) resultaram em maior sobrevida das micropartículas de *Lactobacillus acidophilus La-5 (ML)* e *Bifidobacterium Bb-12 (MB)*. Estes resultados também estão de acordo com os relatados por ZHANG et al. (2015) e NUNES et al. (2017), que relataram melhor sobrevivência de *Lactobacillus salivarius NRR B-30514* e *Lactobacillus acidophilus La-5* encapsulados pelos métodos de emulsão e *spray drying,* respectivamente, quando submetidos a tratamento térmico a 72°C /15 s em relação a 63°C /30 min.

## 4.r CONCLUSÃO

O método utilizado para secagem apresenta bom desempenho de processo pois mantém o microorganismo viável após ser submetido a temperatura para obtenção da cápsula bem como para a posterior aplicação no chocolate. Em relação as matrizes alimentícias estudadas estão protegendo e mantendo as células probióticas viáveis, garantindo a sobrevivência do microorganismo bem como a alegação de propriedade funcional do produto.

## 5.r AGRADECIMENTOS

A Capes, CNPq e a URI –Erechim.

## 6.r REFERÊNCIAS

Bampi, G. B. et al. Spray Chilling Microencapsulation of Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium animalis subsp. lactis and Its Use in the Preparation of Savory Probiotic Cereal Bars. Food and Bioprocess Technology (Print), v. 9, p. 1-7, 2016.

Bansode, S. S.; Banarjee, S. K.; Gaikwad, D. D.; Jadhav, S. L.; Thorat, R. M. Microencapsulation: A Review. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, v. 1, n. 2, p. 6, 2010.

Cook, M.T. Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery. Journal of Controlled Release, v. 162, 56-67, 2012.

Ferrari, C. C., et al. Spray drying of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. Brazilian Journal Food Technology, v. 15, p. 157-165, 2012.

Fritzen, C. B.; Prudencio, E. S.; Pinto, S. S.; Muñoz, I. B.; Amboni, R. D. M. C. Effect of microencapsulation on survival of Bifidobacterium BB-12 exposed to simulated gastrointestinal conditions and heat treatments. LWT – Food Science Technol, p.39-44, 2013.

Madi, L; Costa, A. C. P. B.; Rego, R. A. Brasil food trends 2020. São Paulo: FIESP: ITAL, 2010.

Nunes, G. L. et al. Inulin, hi-maize, and trehalose as thermal protectants for increasing viability of Lactobacillus acidophilus encapsulated by spray drying. LWT- Food Science and Technolog**y,** v. 89, p. 128-133, 2017.

Nunes, G.L. et al. Encapsulation of La*ctobacillus acidophilus La-5* and *Bifidobacterium Bb-12* by spray drying and evaluation of its resistance in simulated gastrointestinal conditions, thermal treatments and storage conditions. Ciência e Natura, Santa Maria, v.48:06, e-20180035, 2018.

Oliveira, C. A. Viabilidade de *Lactobacillus Acidophilus* e *Bifidobacterium lactis,* microencapsulados por conservação seguida de secagem por *spray drying* e leito de jorro. 2006. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo – USP, Ribeirão Preto.

Pauletto, F. Extração e Encapsulamento de Pigmentos da Casca de Jabuticaba Sabará (Myrciaria jaboticaba (Vell.) O. Berg). 2016. Dissertação de Mestrado – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Erechim, RS.

Silva, M. P. Desenvolvimento e caracterização de chocolate meio amargo contendo microorganismos probióticos na forma livre e encapsulada. 2016. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo – USP, Pirassununga.

Valduga, E. et al. Extraction, spray drying and microencapsulating of 'Isabel' grape (Vitis labrusca) bagasse anthocyanin. Ciênc. agrotec. vol.32 no.5 Lavras Sept./Oct. 2008

Zhang, Y.; Lin, J. B.; Zhong, Q. The increased viability of probiotic Lactobacillus salivarius NRRL B-30514 encapsulated in emulsions with multiple lipid-protein-pectin layers. Food Research International**,** v. 71, p. 9–15, 2015.

## 7.r NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DETECÇÃO DE AROMAS EM BALAS DE GOMA DURANTE SEU ARMAZENAMENTO UTILIZANDO SENSORES DE GASES DOPADOS COM DIFERENTES ÁCIDOS

**Sandra Cristina Ballen**
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: sandra-ballen@live.com

**Adriana Marcia Graboski**
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: adigraboski@hotmail.com

**Najara Pinto Ribeiro Barro**
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: najara.rb@bol.com.br

**Alexandra Manzoli**
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: alexxiamanzoli@gmail.com

**Juliana Steffens**
Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: julisteffens@uricer.com.br

**Clarice Steffens**
Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: clarices@uricer.com.br

***Resumo.*** *Para o consumidor, a qualidade organoléptica de balas de goma, é decisiva no processo de compra, dentre estas destaca-se principalmente o sabor, ou seja, o odor e o paladar percebidos quando se consome o alimento. A pesquisa, controle de qualidade e o monitoramento das características dos aromas durante a vida útil do produto tornou-se de suma importância para a indústria, demandando, assim, a busca por um dispositivo capaz de detectar e discriminar aromas em uma mistura complexa, como o nariz eletrônico que utiliza um arranjo de sensores químicos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é a detecção de aromas em balas de goma aromatizadas artificialmente com maçã, durante seu armazenamento (1, 40, 80 e 120 dias), utilizando sensores de gases com filme de polianilina (PANI) dopada com os ácidos canforsulfônico (CSA), dodecilbenzeno sulfônico (DBSA) e clorídrico (HCl) em um sistema de nariz eletrônico. Observou-se que as respostas dos sensores de PANI diminuíram com o armazenamento das balas, o que está relacionado com a perda de compostos voláteis, e a diferença nas respostas dos sensores foi dependente do tipo de dopante. Desta forma, estes sensores mostraram que podem ser aplicados na detecção de voláteis de balas de goma.*

***Palavras-chave:*** *bala de goma, aromas, PANI, dopantes, nariz eletrônico*

## 1. INTRODUÇÃO

As balas de goma ou gelatina fazem parte de uma grande classe de confeitos de baixa cocção e com alto conteúdo de umidade (cerca de 20% ou mais) cuja textura é fornecida com a adição de agente gelificante e caracterizam-se por apresentarem corte e consistência firme, com textura elástica, aspecto transparente e brilhante. Seu sabor é acentuadamente ácido, podendo apresentar inúmeros formatos e tamanhos (Lazzarotto, 2008; Marcelino, 2012). Para o consumidor, a qualidade organoléptica dos produtos alimentícios, como as balas de goma, é muito importante e muitas vezes decisiva no processo de compra. Dentre as qualidades organolépticas como cor, propriedades reológicas,

embalagem, o sabor tem destaque principal, ou seja, o odor e o paladar percebidos quando se consome um determinado alimento possui fundamental relevância sobre a escolha de um produto (Plutowska e Wardencki, 2007).

A pesquisa, controle de qualidade e o monitoramento das características dos aromas durante a fabricação e vida útil do produto tornou-se de suma importância na indústria, devido a influenciar a decisão de compra do consumidor. Nesse sentido, existe uma tendência em melhorar métodos sensoriais ou na introdução de métodos alternativos ou complementares. Tais métodos devem ser rápidos, precisos e de baixo custo e, claro, devem correlacionar com os resultados da análise sensorial realizada por provadores treinados (de Castro, 2004; Faez, et al., 2000; Filho, 2009). Dentre esses métodos alternativos, dispositivos como narizes eletrônicos, que utilizam um conjunto de sensores químicos (sensíveis a gases e vapores) e um algoritmo de reconhecimento de padrões, podem ser utilizados.

A tecnologia de sensor de olfato artificial teve o seu início em 1982 com a invenção do primeiro multissensor de gás (Persaud e Dodd, 1982). Nos últimos anos, a utilização do sistema de nariz eletrônico tem possibilitado a investigação de compostos voláteis diretamente na matriz dos alimentos, tornando-se uma alternativa em potencial às técnicas de análise de voláteis convencionais (Wang et al., 2010). Um sistema de nariz eletrônico é um instrumento capaz de detectar e discriminar odores complexos, baseando-se em um conjunto de sensores químicos (sensíveis a gases e vapores) que detectam os produtos voláteis e em procedimentos matemáticos avançados para o processamento de sinal com base no reconhecimento de padrões e/ou análise de dados multivariados (Cheng et al., 2015; Rodriguez-Mendez et al., 2014).

Os polímeros intrinsecamente condutores têm atraído a atenção de vários grupos de pesquisa desde a sua descoberta, devido ao grande potencial em aplicações tecnológicas (Mattoso, 1996). A utilização de polímeros condutores em sensores químicos foi proposta ainda em 1983, em uma conferência da área (Paterno e Mattoso, 1998).

O interesse em polímeros condutores se deve ao fato de que na presença de um gás sua condutividade elétrica pode ser acentuadamente mudada, e esta mudança pode então ser precisamente detectada (Paterno e Mattoso, 1998). Dentre os polímeros condutores, detaca-se a polianilina (PANI) por apresentar uma grande diferença em relação aos demais polímeros condutores devido ao seu mecanismo de dopagem. A dopagem não exige reações de óxido-redução, bastando apenas a utilização de um ácido protônico (Macdiarmid e Epstein, 1989). Com isso, uma grande variedade de ácidos têm sido empregados, sendo atualmente preferidos surfactantes, como o ácido dodecilbenzeno sulfônico (DBSA); ácidos aromáticos, e ácidos com grande volume estérico, como o ácido canforsulfônico (CSA).

Desta forma este trabalho tem como objetivo a detecção de aromas em balas de gomas aromatizadas artificialmente com maçã durante seu armazenamento (1, 40, 80 e 120 dias), por meio de um arranjo de sensores de gases com filme de PANI dopada com diferentes ácidos em um sistema de nariz eletrônico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Sensores de gases e sistema de detecção (coleta dos dados)

Os eletrodos interdigitados a base de grafite foram produzidos com a técnica de formação de trilhas, segundo metodologia descrita por Venancio et al. (2008), eram constituídos de uma área retangular de 29 mm por 14 mm, sendo a parte interdigitada destes eletrodos formada por 11 dedos paralelos com 0,25 mm de largura, separadas por intervalos de 0,5 mm, formando assim 22 trilhas “Line Patterning”, as quais foram desenhadas com o software convencional Paint (Microsoft TM), em seguida convertidas em uma imagem negativa. Essa imagem negativa foi impressa em papel vegetal (Schoeller hammer) com espessura 63 g/cm$^3$ com uma impressora a laser (HP laser jet P1005). A parte de trás dos substratos foram protegidos, fixando-se os mesmos com fita adesiva em papel absorvente para impedir o contato com a dispersão aquosa de grafite (Aquadag E, Acheson Colloids Company), a qual foi preparada na proporção de 1:4 (massa: volume) (grafite: água Milli-Q) para posterior deposição e recobrimento sobre as máscaras já impressas sobre o papel vegetal. O processo consistiu em adicionar vagarosamente a água sobre a grafite com agitação magnética (Festoam 752A) a temperatura constante (25 °C ± 2) por 20 min (Steffens et al., 2012).

Foram depositadas 3 gotas da solução de grafite sobre a máscara com o auxílio de uma pipeta e, então, espalhada sobre toda a superfície com um bastão de vidro. A secagem foi realizada em estufa (Tecnal - TE-393/1-M) por aproximadamente 30 min. Este procedimento foi repetido por mais uma vez. Após, a remoção do tonner foi feita por imersão da máscara em aproximadamente 40 mL de acetona (Merck, 99,5%), durante 30 s em ultrassom (Transsonic 310 – Elma), o mesmo foi seco a temperatura ambiente (25 °C ± 2) e armazenado em dessecador a vácuo.

A síntese *in situ* da PANI no estado de oxidação esmeraldina (forma dopada e condutora) foi realizada de acordo com Steffens et al. (2009) e efetuado em três etapas:

1) Purificação da anilina (Sigma Aldrich 99,5 %) por destilação. Durante a destilação a vácuo, protegeu-se da exposição à luz, evitando a sua degradação e oxidação. Depois de realizada a destilação, a anilina (incolor) foi mantida a 4 °C e protegida da luz.

2) Preparação das soluções para processo de polimerização. Uma solução foi preparada com adição de 198 µL de anilina destilada em 66 mL de HCl 1M (Merck 99 %) (solução A) e a outra solução adicionando-se 0,498 gramas de persulfato de amônio (Sigma-Aldrich, 98 %) em 33 mL de HCl 1M (solução B). Acondicionaram-se as soluções em banho de gelo para atingir e manter a temperatura a 0 °C.

3) Os eletrodos foram fixos em uma folha de politereftalato de etileno (PET), disposta no interior de um béquer, que se encontrava dentro de um banho de gelo. A solução A foi lentamente adicionada sobre a solução B dentro do béquer que continha os eletrodos interdigitados. A temperatura do sistema foi controlada para que a reação ocorresse a 0 °C, sob agitação magnética (Fisatom 752A). Após 100 min de reação, os sensores foram retirados do béquer e lavados abundantemente com HCl 1M. Em seguida, os sensores foram armazenados em dessecador a vácuo até completa secagem.

Os sensores de gases com filme de PANI dopados com HCl obtidos da síntese foram desdopados por imersão em solução 0,1 M de hidróxido de amônio (NH4OH) (Quimex) por 30 s e, redopados por 90 s em uma solução 0,1 M dos dopantes incestigados, como descrito por Manzoli et al. (2011). Os ácidos de dopagem estudados foram ácido clorídrico (HCl), ácido canforsulfônico (CSA) (Sygma) e ácido dodecilbenzeno sulfônico (DBSA) (Fluka, 90%).

O sistema de nariz eletrônico desenvolvido era constituído por uma câmara de vidro com capacidade de 1 L, um sensor de temperatura e umidade (Sensirion Kit EK-H5, resolução SHT2x), um ventilador, agitador mecânico (Fisatom, modelo 714), suporte para bala, sensor de gás com filme de PANI dopada com CSA, DBSA ou HCl, placa de circuito, sistema de aquisição de dados (Novus) e computador.

O procedimento para a detecção dos compostos voláteis das balas de goma aromatizadas artificialmente foi o seguinte:

a) Obtenção de uma linha de base para os sensores do nariz eletrônico: onde os sensores foram deixados em ar de laboratório e a tensão dos mesmos foi coletada a cada 5 s durante 5 min.

b) Após a obtenção da linha base, foi avaliada a resposta em tensão dos sensores de gases aos compostos voláteis das balas de goma com aroma artificial de maçã. As balas foram inseridas dentro do suporte na câmara de medida e, então, submetidas à agitação mecânica de 30 rpm (Fisatom, modelo 714) para promover a liberação dos compostos voláteis das balas. A tensão foi coletada a cada 5 s durante 10 min. Um sensor comercial (Sensirion Kit EK-H5, resolução SHT2x) de monitoramento de temperatura e de umidade relativa foi utilizado no interior da câmara durante os experimentos. Ao final de cada teste o sensor do arranjo era descartado.

Os experimentos foram executados durante o armazenamento das balas de goma durante o período de 1, 40, 80 e 120 dias.

### 2.2 Preparo da bala de goma

As balas de goma foram preparadas de acordo com metodologia de Periche et al. (2014). Primeiramente, a gelatina em pó (Synth) foi hidratada em água destilada por ± 10 min, sendo, então, aquecida em banho-maria até a completa dissolução. Após, a sacarose (Gasparin) foi adicionada sob agitação constante até completa dissolução (± 5 min). A massa de bala foi retirada do banho-maria e deixada em repouso até atingir a temperatura de 45 °C, para que, então, fosse adicionado o aroma comercial de maçã (Duas Rodas), na concentração de 2,5 ppm, sendo baseada em estudos de Garcia e Penteado (2005) e Pizzoni et al. (2015). A massa da bala foi colocada em moldes de policloreto de polivinila (PVC), em uma quantidade de ± 8 g para cada bala, permanecendo assim por 48 h em temperatura ambiente (± 25 ºC), para obterem consistência de gel. As balas foram, então, armazenadas durante 120 dias em temperatura ambiente, embaladas individualmente em filme de PVC e recobertas com papel alumínio para posteriores testes no nariz eletrônico.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta a resposta dos sensores de gases de PANI dopados com CSA, DBSA e HCl expostos aos voláteis das balas de goma aromatizadas artificialmente com maçã, durante o armazenamento. Os experimentos foram realizados em condições ambientais (temperatura: 20°C ± 2 e umidade relativa: 72% ± 4).

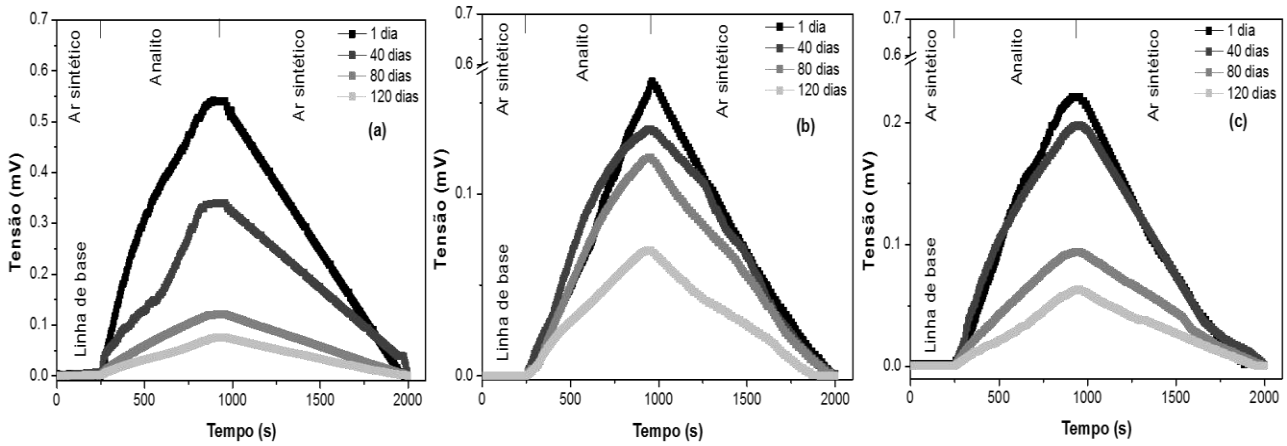



Figura 1**.** Resposta dos sensores de gases de PANI dopados com CSA (a), DBSA (b) e HCl (c) expostos aos compostos voláteis das balas aromatizadas artificialmente com maçã, na concentração de 2,5 ppm em 1, 40, 80 e 120 dias de armazenamento.

Analisando os resultados mostrados nas Figura 1 observa-se que as respostas (tensão) dos sensores de PANI diminuíram com o armazenamento (estocagem) das balas de goma, devido a perda de compostos voláteis da bala durante o armazenamento. Esta perda de compostos está relacionada aos seus constituintes que podem tanto bloquear a saída dos voláteis por meio de uma barreira ou do aumento da viscosidade do meio. A diminuição da liberação do aroma em alimentos geleificados pode ser atribuída ao agente espessante, o qual pode ser capaz de formar uma barreira à difusão afetando, assim, a cinética da partição de vapor do volátil ou até impedindo seu transporte de massa, devido a interações entre os compostos de aromas, o espessante e o sensor (Pizzoni et al., 2015).

O comportamento da resposta dos sensores aos compostos voláteis foi dependente do tipo de dopante usado: CSA, DBSA e HCl. A diferença das respostas de tensão dos sensores com diferentes dopantes expostos às mesmas substâncias, explica-se pelo fato de que cada dopante utilizado proporciona um tipo de seletividade aos sensores de gás, o que é chamado de reconhecimento molecular (Ikkala et al., 1996). Assim, os filmes diferentes na presença de uma mesma substância (Macdiarmid, 1997). Dessa forma pode-se associar a resposta dos sensores ao tipo de dopante utilizado.

Posudievsky et al., (2011) observaram diferenças nas respostas de sensores recobertos por polímeros condutores dopados com diferentes substâncias na presença de solventes orgânicos polares, pouco polares e apolares. Os autores atribuíram as diferenças nas respostas à estrutura química do polímero e do dopante.

## 4. CONCLUSÃO

Os sensores de gases de filme de PANI dopados com diferentes ácidos (CSA, DBSA e HCl) foram utilizados em um sistema de nariz eletrônico, aplicado na detecção de compostos voláteis de balas de goma aromatizadas artificialmente com maçã durante o armazenamento (1, 40, 80 e 120 dias) das mesmas. Observou-se que a diminuição das respostas dos sensores avaliados relacionou-se com a perda de aromas das balas por volatilização e por mudanças de viscosidade. E as diferenças nas respostas de um sensor para outro deve-se ao fato de cada dopante proporcionar um tipo de seletividade aos sensores. Desta forma, os sensores utilizados neste trabalho mostraram serem materiais potenciais para serem aplicados na detecção de voláteis de balas de gomas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ, FAPERGS, FINEP e a URI pelo apoio financeiro ao presente trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

Cheng, H., Chen, J., Chen, S., Wu, D., Liu, D.; Ye, X. 2015.Characterization of aroma-active volatiles in three Chinese bayberry (Myrica rubra) cultivars using GC–MS–olfactometry and an electronic nose combined with principal component analysis. Food Research International, 72, p. 8–15.

de Castro, E. G. 2004. Híbridos Orgânicos/Inorgânicos Formados Entre Polímeros Condutores e Géis de Polifosfato de Alumínio. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná.

Faez, R., Reis, C., Scandiucci, P., Kosima, O., Ruggeri, G., Paoli, M. 2000. Polímeros Condutores. Química Nova na Escola, 11, p. 13-18.

Garcia, T., Penteado, M. D. V. C. 2005. Qualidade de balas de gelatina fortificadas com vitaminas A, C e E. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 25, n. 4, p. 743–749.

Filho Y. F. 2009. Síntese, Dopagem e Caracterização da Polianilina com Sais de Fe (ii) e Fe (iii). Mestrado em Química. Universidade Federal do Espirito Santo, Vitória.

Ikkala, O., Vikki, T.; Takala, A., Toivo, A., Levon, K., Pietila, L. O., Ahjopalo, L., Osterholm, H., Passiniemi, P. J. S. 1996. Molecular recognition solvents for eletrically conductive polyaniline. Macromoléculas, 29, p. 2945-2953.

Lazzarotto, E. 2008. Bala de gelatina com fibras: caracterização e avaliação sensorial. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, 2, n. 1, p. 22–34.

Macdiarmid, A. G., Epstein, A. J. 1989. Polyanilines: A novel class of conducting polymers. Faraday Discussions of the Chemical Society, 88, p. 317-332.

Macdiarmid, A. G. 1997. Polyaniline and polypyrrole: where are we headed? Synthetic Metals, 84, p. 27-34.

Manzoli, A., Steffens, C., Paschoalin, R. T., Correa, A. A., Alves, W. F., Leite, F. L., Herrmann, P. S. P. 2011. Low-cost gas sensors produced by the graphite line-patterning technique applied to monitoring banana ripeness. Sensors, 11, p. 6425-6434.

Marcelino, J. S. 2012. Doces industrializados, balas, gomas e pirulitos. Dossiê Técnico. Instituto de Tecnologia do Paraná.

Mattoso, L. H. C. 1996. Polianilinas: Síntese, Estruturas e Propriedades. Química Nova, 19, n. 4, p. 388-399.

Paterno, L. H., Mattoso, C. 1998. Novos materiais poliméricos para sensores de gases. Comunicado técnico. Embrapa, n. 29, p. 1-5.

Periche, A., Heredia, A.; Escriche, I., Andrés, A., Castelló, M. L. 2014. Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. Food Bioscience, 7, p. 37–44.

Persaud, K. C., Dodd, G. 1982. Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose. Nature, 299, p. 352-355.

Pizzoni, D., Compagnone, D., di Natale, C., D'Alessandro, N., Pittia, P. 2015. Evaluation of aroma release of gummy candies added with strawberry flavours by gas-chromatography/mass-spectrometry and gas sensors arrays. Journal of Food Engineering, 167, p. 77-86.

Plutowska, B., WARDENCKI, W. Aromagrams - Aromatic profiles in the appreciation of food quality. Food Chemistry, 101, n. 2, p. 845–872, 2007.

Posudievsky, O. Y., Kozarenko, O. A., Dyadyun, V. S., Jorgensen, S. W., Spearot, J. A., Koshenchko, V. G., Pokhodenko, V. D. 2011. Characteristics of mechanochemically prepared host-guest hybrid nanocomposites of vanadium oxide and conducting polymers. Journal of Power Sources, 196, n. 6, p. 3331-3341.

Rodriguez-Mendez, M. L., Apetrei, C., Gay, M., Medina-Plaza, C., de Saja, J. A., Vidal, S., Aagaard, O., Ugliano, M., Wirth, J., Cheynier, V. 2014. Evaluation of oxygen exposure levels and polyphenolic content of red wines using an electronic panel formed by an electronic nose and an electronic tongue. Food Chemistry, 155, p. 91–97.

Steffens, C., Manzoli, A., Francheschi, E., Corazza, M. L., Corazza, F. C., Oliveira, J. V., Herrmann, P. S. P. 2009. Low-cost sensors developed on paper by line patterning with graphite and polyaniline coating with supercritical CO2. Synthetic Metals, 159, p. 2329-2332.

Steffens, C., Corazza, M. L., Franceschi, E., Castilhos, F., Herrmann, P. S. P., oliveira, J. V. 2012. Development of gas sensors coatings by polyaniline using pressurized fluid. Sensors and Actuators, B: Chemical, 171-172, p. 627–633.

Venancio, E. C., Mattoso, L. H. C., Herrmann Júnior, P.S.D.P. e MacDiarmid, A.G., 2008. Line patterning of graphite and the fabrication of cheap, inexpensive, "throw-away" sensors. Sensors Actuators, B Chem. 130, p. 723–729.

Wang B., Xu S., Sun, D. W. 2010. Application of the electronic nose to the identification of different milk flavorings. Food Research International, 43, n. 1, p. 255–262.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SEPARAÇÃO DE PROTEÍNAS DE *Spirulina platensis* UTILIZANDO DIFERENTES SAIS E SOLVENTES ORGÂNICOS

**Anne Luize Lupatini Menegotto**
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621. Erechim – RS.
annelupatini@yahoo.com.br

**Daniele Bucior**
Departamento de Ciências Agrárias, Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621. Erechim – RS.
danii_bucior@hotmail.com

**Bianca Balestiere**
Departamento de Ciências Agrárias, Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621. Erechim – RS.
bianca.balestieri@hotmail.com

**Natália Woloszyn**
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621. Erechim – RS.
natalia_wolo@hotmail.com

**Juliana Steffens**
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621. Erechim – RS.
julisteffens@uricer.edu.br

**Eunice Valduga**
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621. Erechim – RS.
veunice@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A Spirulina platensis pode ser considerada uma fonte alternativa de proteínas, podendo ser comparada a proteínas vegetais e animais, apresentando importante potencial nutricional. Neste contexto, a recuperação das proteínas desta microalga pode favorecer sua utilização, bem como promover uma melhor caracterização deste componente. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a precipitação das proteínas de S. platensis avaliando o desempenho dos sais sulfato de amônio, fosfato de potássio e citrato de sódio e, dos solventes orgânicos acetona, álcool etílico, álcool isopropílico e álcool n-propílico. Os sais fosfato de potássio e citrato de sódio apresentaram maior capacidade de concentrar proteínas de S. platensis na fase topo (sobrenadante), atingindo 41,29 e 42,30 %, respectivamente. O solvente com melhor performance foi o álcool etílico, além de possibilitar a maior concentração de proteínas (42,13 %), possui menor custo e grau alimentício. A avaliação da precipitação proteica, utilizando diferentes sais e solventes orgânicos fornece subsídios a serem aplicados no sistema aquoso bifásico; técnica que possui grande destaque para obtenção de proteínas purificadas.*

***Palavras-chave:*** *potencial microalgal, purificação de proteínas, precipitação proteica.*

## 1. INTRODUÇÃO

A *Spirulina platensis* há anos vêm sendo utilizada como fonte de proteínas, tribos indígenas as secavam em finas camadas para seu consumi-la (Spolare *et al.*, 2006). A elevada concentração de proteína de diversas espécies de microalgas é uma das principais razoes que as tornam uma fonte não convencional deste componente (Soletto *et al.*,

2005). Neste contexto, a *S. platensis* é considerada uma das mais ricas fontes proteicas de origem microbiana (46 a 63 %), podendo ser comparada com outras fontes proteínas, como carne, ovo, leite e soja (Becker, 2007; Lupatini *et al.*, 2017b). Além disso, as proteínas desta microalga apresentam potencial para compor formulações de alimentos, bem como aprimorar seu processamento, apresentando apreciáveis propriedades funcionais (Benelhadj *et al.*, 2016).

Contudo, a etapa para obtenção de componentes de interesse a partir de microalgas representa um dos principais limitantes para produção destes biocompostos em larga escala (Rashid *et al.*, 2013). A extração de um componente específico é, algumas vezes, impedida devido à rigidez da parede celular das microalgas, levando a necessidade de, primeiramente, realizar o rompimento celular possibilitando o acesso dos componentes ao meio e facilitando a extração (Safi *et al.*, 2014). Entre as técnicas de ruptura celular, o tratamento ultrassônico associado a outras técnicas de extração, como agitação mecânica, são eficientes alterativas (Lupatini *et al.*, 2017b). Após a extração proteica, este componente pode ser precipitado; a maioria das proteínas podem ser precipitadas de soluções aquosas utilizando diferentes princípios, pelo ponto isoelétrico (pI), adição de sais ou de solventes (Chronakis *et al.*, 2000; Veide Vilg e Undeland, 2017; Grossmann *et al.*, 2018).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a precipitação das proteínas de *S. platensis* extraídas por ondas ultrassônicas e agitação mecânica; para tal fim foi verificado o desempenho dos sais sulfato de amônio, fosfato de potássio e citrato de sódio e, dos solventes orgânicos acetona, álcool etílico, álcool isopropílico e álcool n-propílico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Matéria-prima e reagentes

A biomassa inativa da microalga *S. platensis* desidratada foi obtida comercialmente da Fazenda Tamanduá, localizada em Santa Terezinha, Paraíba, Brasil. Todos os reagentes utilizados possuíram pureza analítica, sendo de procedências comerciais distintas.

### 2.2 Extração de proteínas da biomassa de *S. platensis*

A extração proteica foi realizada conforme Lupatini *et al.* (2017a) com as seguintes adaptações: a extração foi conduzida em béqueres de 400 mL com volume total de 300 mL, a suspensão foi submetida ao tratamento ultrassônico em banho de ultrassom (Unique, USC-1800A, Indaiatuba) na fequência de 40 kHz e amplitude de 90 %, e a agitação mecânica foi realizada com uso de agitador mecânico (Fisatom, 712, São Paulo) na velocidade de 100 rpm. O extrato proteico obtido a partir do sobrenadante coletado após a centrifugação foi submetido a uma filtração convencional (papel filtro qualitativo 60 x 60 cm, gramatura 80 g).

### 2.3 Precipitação salina

A precipitação salina foi avaliada utilizando-se três diferentes sais, sulfato de amônio ($(NH_4)_2SO_4$), fosfato de potássio bibásico ($KH_2PO_4$) e citrato de sódio ($Na_3C_6H_5O_7$) em quarto distintas proporções (1:5, 2:5, 3:5 e 4:5; m/m). Os sais foram escolhidos baseando-se no estudo realizado por Trentini (2014), adaptações e alguns ensaios preliminares. Os ensaios foram realizados em tubos graduados tipo falcon de 50 mL, adicionando-se 20 g do extrato proteico de *S. platensis* e, 4, 8, 12 e 16 g de sal, correspondendo às respectivas proporções. Na sequência as amostras foram homogeneizadas em agitador vortex (Quimis, Q220B1, Diadema) e submetidas ao repouso em temperatura de refrigeração (10ºC) por 90 min. Em seguida, a separação das fases foi conduzida por centrifugação (Nova Técnica, NT 825, Piracicaba) a 7000 rpm a 10ºC durante 20 min. Simultaneamente, as amostras controle foram preparadas, ao invés da adição do extrato proteico foi utilizada água destilada. Como respostas avaliou-se as proteínas totais ($g.100^{-1}$ biomassa) da fase topo (sobrenadante) e da fase fundo (precipitado).

### 2.4 Precipitação com solventes orgânicos

A precipitação com solventes orgânicos foi realizada empregando-se acetona ($C_3H_6O$), álcool etílico ($C_2H_6O$), álcool isopropílico ($C_3H_8O$) e n-propílico ($C_3H_8O$) em quarto distintas proporções (1:5, 2:5, 3:5 e 4:5; v/v). A escolha dos solventes foi realizada conforme o estudo de Trentini (2014), adaptações e as proporções foram definidas a partir de ensaios preliminares. Os ensaios foram realizados em béqueres de 50 mL, adicionando-se 20 mL do extrato proteico de *S. platensis* e, 4, 8, 12 e 16 mL de solvente; o solvente foi gotejado na vazão de 10 $mL.min^{-1}$ e a solução foi mantida sob agitação continua em chapa de agitação magnética (Fisatom, 752, São Paulo). Na sequência as amostras foram mantidas em repouso a 10 ºC por 90 min. Posteriormente, a separação das fases foi conduzida por centrifugação nas condições dos ensaios de precipitação salina. Como resposta foi avaliado a proteína total ($g.100^{-1}$ biomassa) da fase topo (sobrenadante) e da fase fundo (precipitado).

### 2.5 Quantificação da proteína total

O teor de nitrogênio total das frações sobrenadante e precipitada foi determinado pelo método de oxidação por combustão catalítica a 720 ºC com detecção por infravermelho (Shimadzu, TOC, VCSH, Japão) e da biomassa pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1998). Para quantificação da proteína, multiplicou-se o teor de nitrogênio pelo fator de conversão de 6,25 (Chronakis *et al.*, 2000).

### 2.6 Análise estatística

Os ensaios foram realizados em triplicata e tratados estatisticamente através de análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tukey com nível de confiança de 95 %, utilizando o software Statistica versão 5.0.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de recuperar e concentrar as proteínas de *S. platensis* realizou-se ensaios de precipitação proteica aplicando diferentes sais e solventes. O princípio desta técnica envolve a separação de proteínas pela diferença de solubilidade. Os sais utilizados foram sulfato de amônio, fosfato de potássio bibásico e citrato de sódio, nas proporções (1:5, 2:5, 3:5 e 4:5, m/m). Em todos os ensaios foram avaliados os percentuais de proteína nas fases fundo (precipitado) e topo (sobrenadante); os valores obtidos estão descritos na Tab. 1.

Tabela 1. Teor de proteína de *S. platensis* da etapa de precipitação utilizando os sais sulfato de amônio, fosfato de potássio e citrato de sódio.

| Amostras | | Proteína total (%) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Sulfato de Amônio | Fosfato de Potássio | Citrato de Sódio |
| 1:5 | T | $40{,}67^{aA} \pm 0{,}08$ | $41{,}19^{aA} \pm 2{,}54$ | $42{,}30^{aA} \pm 0{,}11$ |
| | F | $2{,}40^{hA} \pm 0{,}02$ | $1{,}95^{dA} \pm 0{,}31$ | $0{,}83^{dB} \pm 0{,}08$ |
| 2:5 | T | $35{,}66^{bB} \pm 1{,}36$ | $41{,}34^{aA} \pm 0{,}21$ | $43{,}18^{aA} \pm 0{,}11$ |
| | F | $7{,}35^{gA} \pm 0{,}78$ | $1{,}73^{dB} \pm 0{,}30$ | $0{,}12^{dB} \pm 0{,}02$ |
| 3:5 | T | $28{,}65^{cC} \pm 0{,}13$ | $38{,}40^{aB} \pm 0{,}30$ | $42{,}96^{aC} \pm 1{,}58$ |
| | F | $14{,}41^{eA} \pm 0{,}04$ | $4{,}66^{cdB} \pm 0{,}39$ | $0{,}36^{dC} \pm 0{,}04$ |
| 4:5 | T | $31{,}64^{dA} \pm 0{,}72$ | $34{,}11^{bA} \pm 2{,}53$ | $37{,}10^{bA} \pm 0{,}14$ |
| | F | $11{,}43^{fA} \pm 0{,}62$ | $8{,}83^{cAB} \pm 1{,}15$ | $5{,}97^{cB} \pm 0{,}23$ |

*Média ± desvio padrão seguidas de letras diferentes minúsculas/coluna e maiúsculas/linha diferem a nível de 95% de confiança (teste de Tukey); T: topo; F: fundo; Percentual de proteína no extrato proteico de *S. platensis*: 43,13%.

Os teores de proteínas nas fases topo variaram de 28,65 a 42,30 %, para as amostras resultantes dos ensaios com sulfato de amônio 3:5 (m:m) e com citrato de sódio 1:5 (m:m), respectivamente. Os ensaios utilizando a menor proporção de sais de 1:5 (m:m) não apresentaram diferença significativa na fase topo. Porém, os sais de fosfato de potássio e citrato de sódio resultaram em menor precipitação proteica (fase fundo). Em baixas concentrações de sais, as proteínas tendem a ficar em suspensão, ou seja, na fase topo.

Conforme o aumento da saturação salina observou-se a redução da concentração de proteína na fase sobrenadante, evidenciando o efeito *salting-out* na precipitação proteica. Os efeitos dos sais sobre as proteínas estão relacionados com a sua capacidade em se ligar com estas moléculas e, alterar suas propriedades de hidratação. Os três sais avaliados neste estudo apresentam características de estabilizar as proteínas, resultando em maior percentual proteico na fase topo; estes sais possibilitaram o aumento da solubilidade da proteína, ligando-se fracamente com a mesma (Damodaran, 1996).

A Tabela 2 apresenta os teores de proteínas resultantes da etapa de precipitação com solventes orgânicos (acetona, álcool etílico, álcool isopropílico e álcool n-propílico), nas proporções 1:5, 2:5, 3:5 e 4:5 (v/v). Os maiores teores de proteínas foram encontrados nas fases topo, na proporção 1:5 (v/v), sendo que o maior teor de proteína (42,13 %) foi obtido com álcool etílico, porém não difere dos ensaios com álcool isopropílico e acetona. Os teores de proteínas nas fases fundo foram aumentando conforme o aumento da proporção de solvente, variando de 0,94 a 21,61 % nos ensaios correspondentes ao álcool etílico 1:5 (v/v) e acetona 4:5 (v/v), respectivamente.

O tamanho da proteína, também, pode ter afetado a precipitação com solventes orgânicos; pois moléculas de menor peso molecular necessitam de maior concentração de solvente para que ocorra a precipitação (Scopes, 1997). Como as proteínas de *S. platensis* apresentam cerca de 20 kDa (Chronakis *et al.*, 2000), sua precipitação só é visualizada em altas concentrações de solventes. Contudo, ao submeter as proteínas em altas concentrações de solventes orgânicos, pode ocorrer a desnaturação da proteína, principalmente pelo efeito solubilizante dos solventes sobre as cadeias laterais não polares das proteínas (Damodaran, 1996).

Tabela 2. Teor de proteína de *S. platensis* da etapa de precipitação utilizando solventes orgânicos (acetona, álcool etílico, álcool isopropílico e álcool n-propílico).

| Amostras | | Proteína total (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Acetona | Álcool Etílico | Álcool Isopropílico | Álcool N-propílico |
| 1:5 | T | $39{,}93^{aA} \pm 0{,}45$ | $42{,}13^{aA} \pm 0{,}13$ | $41{,}16^{aA} \pm 0{,}71$ | $33{,}62^{aB} \pm 1{,}91$ |
| | F | $3{,}14^{fB} \pm 0{,}36$ | $0{,}94^{hC} \pm 0{,}22$ | $1{,}91f^{BC} \pm 0{,}62$ | $9{,}45^{dA} \pm 0{,}59$ |
| 2:5 | T | $32{,}95^{bB} \pm 1{,}14$ | $38{,}00^{bA} \pm 0{,}75$ | $38{,}15^{bA} \pm 1{,}13$ | $27{,}83^{bC} \pm 0{,}66$ |
| | F | $10{,}12^{eB} \pm 1{,}23$ | $5{,}06^{gC} \pm 0{,}65$ | $4{,}91^{eC} \pm 1{,}22$ | $15{,}23^{cA} \pm 0{,}56$ |
| 3:5 | T | $23{,}28^{cD} \pm 0{,}42$ | $24{,}96^{cC} \pm 0{,}38$ | $30{,}16^{cA} \pm 0{,}14$ | $26{,}74^{bB} \pm 0{,}10$ |
| | F | $19{,}79^{dA} \pm 0{,}33$ | $18{,}11^{fB} \pm 0{,}29$ | $12{,}90^{dD} \pm 0{,}05$ | $16{,}32^{cC} \pm 0{,}19$ |
| 4:5 | T | $21{,}45^{cdB} \pm 0{,}14$ | $22{,}91^{dAB} \pm 0{,}68$ | $27{,}97^{cA} \pm 0{,}42$ | $27{,}34^{bA} \pm 2{,}90$ |
| | F | $21{,}61^{cdA} \pm 0{,}05$ | $20{,}15^{eA} \pm 0{,}59$ | $15{,}10^{dB} \pm 0{,}33$ | $15{,}73^{cB} \pm 1{,}58$ |

*Média ± desvio padrão seguidas de letras diferentes minúsculas/coluna e maiúsculas/linha diferem a nível de 95% de confiança (teste de Tukey); T: topo; F: fundo; Percentual de proteína no extrato proteico de *S. platensis*: 43,13%.

A avaliação da precipitação proteica, também, pode servir como subsídios a futuras aplicações empregando sistemas aquosos bifásicos (SAB), sendo que os sais e/ou solventes que possibilitam maior solubilidade proteica possuem maior potencial para compor estes sistemas. Neste contexto, os sais fosfato de potássio e citrato de sódio apresentaram maior capacidade em concentrar as proteínas de *S. platensis* na fase topo; o solvente que apresentou melhor potencial para este fim foi o álcool etílico, apresentando o maior percentual de concentração de proteínas (42,13 %), além de possuir grau alimentício e menor custo.

## 4. CONCLUSÃO

Os sais fosfato de potássio e citrato de sódio apresentaram maior capacidade de concentrar proteínas de *S. platensis* na fase topo (sobrenadante), atingindo 41,29 e 42,30 %, respectivamente. O solvente com melhor desempenho foi o álcool etílico, além de possibilitar a maior concentração de proteínas (42,13 %), possui menor custo e grau alimentício. A avaliação da precipitação proteica pode contribuir como estudo inicial para aplicação do SAB.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq, FAPERGS e URI pelo apoio financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS

AOAC, 1998. *Official methods of analysis of AOAC international.* 16. ed. Gaithersburg: AOAC International.

Becker, E. W., 2007. "Micro-algae as a source of protein". *Biotechnology advances*, Vol. 25, p. 207-210.

Benelhadj, S., Gharsallaoui, A., Degraeve, P., Attia, H. and Ghorbel, D., 2016. "Effects of pH on the functional properties of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* protein isolate". *Food Chemistry*, Vol. 196, p. 1056-1063.

Chronakis, I. S., Galatanu, A. N., Nylander, T and Lindman, B., 2000. "The behaviour of protein preparations from blue-green algae (*Spirulina platensis* strain *Pacifica*) at the air/water interface". *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 173, p. 181-192.

Damodaran, S., 1996. "Amino acids, peptides, and proteins". In: Fennema, O. R. (ed), *Food Chemistry*. 3rd edition. Nova York: Marcel Dekker Inc.

Grossmann, L., Ebert, S., Hinrichs, J. and Weiss, J., 2018. "Effect of precipitation, lyophilization, and organic solvent extraction on preparation of protein-rich powders from the microalgae *Chlorella protothecoides*". *Algal Research*, Vol. 29, p. 266–276.

Lupatini, A, L., Bispo, L. O., Colla, L. M., Costa, J. A. V., Canan, C. and Colla, E., 2017a. "Protein and carbohydrate extraction from *S. platensis* biomass by ultrasound and mechanical agitation". *Food Research International*, Vol. 99, p.1028–1035.

Lupatini, A. L., Colla, L. M., Canan, C. and Colla, E., 2017b. "Potential application of microalgae *Spirulina platensis* as a protein source". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 97, p. 724–732.

Rashid, N., Rehman, M. S. U. and Han, J.-I., 2013. "Recycling and reuse of spent microalgal biomass for sustainable biofuels". *Biochemical Engineering Journal*, Vol. 75, p. 101-107.

Safi, C., Ursu, A. V., Laroche, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P. Y. and Vaca-Garcia, C., 2014. "Aqueous extraction of proteins from microalgae: Effect of different cell disruption methods". *Algal Research*, Vol. 3, p. 61-65.

Scopes, P. K., 1987. *Protein purification.* 2nd edition. Nova York: Springer-Verlag.

Soletto, D., Binaghi, L., Lodi, A., Carvalho, J.C.M. and Converti, A., 2005. "Batch and fed-batch cultivations of *Spirulina platensis* using ammonium sulphate and urea as nitrogen sources". *Aquaculture*, Vol. 243, p. 217-224.

Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. and Isambert, A., 2005. "Commercial applications of microalgae". *Journal of Bioscience Bioengineering*, Vol. 101, p. 87-96.

Trentini, M. M. S., 2014. *Purificação de pectinases produzidas por Aspergillus niger ATCC 9642 em sistemas aquosos bifásicos e precipitação por solventes orgânicos.* 2014. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim.

Veide Vilg, J. and Undeland, I., 2017. "pH-driven solubilization and isoelectric precipitation of proteins from the brown seaweed *Saccharina latissima* – effects of osmotic shock, water volume and temperature". *Journal of Applied Phycology*, Vol. 29, p. 585–593.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE GRÃOS DE SOJA NATURAIS E PROCESSADOS

**Natália Woloszyn**
**Thiago André Weschenfelder**
**Bruno Fischer**
**Jean Carlo Rauschkolb**
**Guilherme Sabadin Piva**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim, Av. Sete de Setembro, 1261, Fátima, Erechim – RS.
natalia_wolo@hotmail.com; thiago.weschenfelder@gmail.com; bruno.fischer.com@hotmail.com; jeancarlo_ab@hotmail.com; piva_guilherme@hotmail.com.
**Lucíola Bagatini**
**Marina Volpato Dacoreggio**
**Bruna Marina Cella**
**Daiane de Oliveira**
**Giovana Feltes**
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Campus Pinhalzinho – Av. Coronel Ibiapina de Lima, n.750, Efacip, Pinhalzinho – SC.
luciola.bagatini@udesc.br; maarivolpato@hotmail.com; bru.cella@hotmail.com; dai.ane72@yahoo.com.br; giovana-010@hotmail.com;.

***Resumo.*** *O trabalho teve por objetivo avaliar a composição centesimal de duas diferentes amostras de soja, natural e processada, comparando com uma amostra padrão de um estudo da EMBRAPA. Foram determinados os teores de umidade, proteína, lipídeos, cinzas, carboidratos e pH de ambas as amostras, seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz. De modo geral, as amostras apresentaram resultados próximos quanto à composição centesimal, exceto o teor de umidade que se apresentou maior nas amostras natural e processada, comparado com a amostra padrão. A porcentagem de proteína também se apresentou um pouco abaixo do apresentado pela amostra padrão, porém, se sabe que os fatores ambientais podem contribuir fortemente para a concentração de proteína nos grãos, o que explica esta variação.*

***Palavras-chave:*** *Caracterização química, soja, comparação.*

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é um grão rico em proteínas e lipídios, além de ter grande importância nutricional e econômica. É um produto agrícola de grande interesse mundial graças à versatilidade de aplicação de seus produtos na alimentação humana e animal e ao seu valor econômico nos mercados nacional e internacional. O Brasil figura entre os maiores produtores de soja do mundo, sendo a leguminosa cultivada em várias regiões do País (Mello *et al*., 2004).

De acordo com dados da Embrapa (2018) a produção de soja no mundo é de 336,699 milhões de toneladas, sendo o Brasil, o segundo maior produtor mundial com 116,996 milhões de toneladas, perdendo em produtividade apenas para os Estados Unidos com 119,518 milhões de toneladas.

A soja é um produto que ganha destaque porque apresenta alta quantidade de proteínas e óleo, que pode ser utilizado tanto para alimentação humana quanto para produção de biocombustíveis, também possui alta liquidez e demanda (Lazzarotto e Hirakuri, 2009).

O próprio grão da soja, bem como os seus derivados constituem matérias-primas altamente promissoras para uso na indústria de alimentos, sobretudo em produtos à base de cereais e de carnes (Amaya-Guerra *et al*., 2004; Dhingra *et al*., 2001; Mcmindes, 1991; Vega *et al*., 1987). Porém, é somente a partir da composição centesimal dos alimentos que se faz possível conhecer seus benefícios e malefícios para assim aplicá-los a uma dieta saudável (Núcleo, 2006).

No entanto, a composição química da soja pode variar de acordo com as condições climáticas, tipo de solo, localização geográfica, variedades e práticas agronômicas (Horan, 1974).

Considerando a vasta produção de soja em nosso meio, assim como suas características nutricionais e seu potencial tecnológico, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a composição centesimal de duas variedades, sendo elas a soja processada e a soja natural.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As duas variedades de amostra utilizadas foram a soja processada e a soja natural, provenientes de um mercado da cidade de Pinhalzinho, Santa Catarina, e de um produtor da cidade de Guaraciaba, Santa Catarina, respectivamente. As amostras foram previamente limpas, selecionadas, acondicionadas e identificadas, em duplicata, em sacos plásticos hermeticamente fechados à temperatura ambiente, em quantidades iguais. Ambas as amostras foram transformadas em farinha com o auxílio de um liquidificador de uso doméstico antes de cada análise.

Os métodos utilizados para a análise centesimal foram feitos de acordo com o Instituto Adolfo Lutz e os resultados expressos em massa seca. Para o cálculo da umidade, utilizou-se a secagem em estufa, onde o ar quente é absorvido por uma camada muito fina do alimento e é então conduzido para o interior dele por meio da condução. O processo leva aproximadamente 6 a 18 horas, porém neste caso, o tempo foi de aproximadamente 20 horas e a temperatura utilizada na estufa foi em média de 105ºC.

Já a análise de cinzas foi feita pela incineração, em mufla, da amostra que já havia passado pelo processo de secagem, até que ocorresse a calcinação de todos os minerais. Este processo se deu a temperatura de 550ºC por duas horas, haja vista que em temperaturas iguais ou superiores que 600°C ocorre a volatilização dos cloretos da amostra. Foi determinada a porcentagem de cinzas totais através de pesagens antes e depois da calcinação, bem como para análise de umidade, onde ocorreram pesagens antes e depois da secagem em estufa. Lembrando que ambas as pesagens só foram feitas após as amostras serem colocadas em dessecadores para que fossem resfriadas.

Para a análise de lipídeos, o método utilizado foi o de extração direta em Soxhlet, utilizando solventes. Para a determinação, as amostras foram colocadas em papel filtro e foram transferidas para o aparelho extrator de Soxhlet acoplado a um balão de fundo chato previamente tarado. Foi adicionado éter de petróleo em quantidade suficiente para um Soxhlet e meio, e adaptado a um refrigerador de bolas. Foi mantido sobre aquecimento por 8 horas até que o éter fosse destilado. O balão com o resíduo remanescente foi para a estufa à 105ºC, por cerca de uma hora, onde então foi resfriado em dessecador e pesado.

A determinação de proteínas se deu pelo método de digestão Kjedahl, o qual determina a quantidade de nitrogênio total. Baseou-se no aquecimento da amostra com ácido sulfúrico e catalizador para a digestão até que o carbono e o hidrogênio fossem oxidados. O nitrogênio da proteína foi reduzido e transformado em sulfato de amônia. Adicionou-se NaOH concentrado e aqueceu-se para a liberação da amônia dentro de um volume conhecido de uma solução de ácido bórico, formando borato de amônia. O borato de amônia formado foi dosado com uma solução ácida (HCl) padronizada, e seu volume utilizado durante a titulação anotado.

Em relação a análise de carboidratos, essa foi feita por diferença. E por fim, analisou-se o pH das amostras pelo uso de um pHmêtro, a partir de uma fração da amostra diluída em um volume pré-estabelecido de água.

A avaliação estatística foi realizada pelo Teste de Tukey, através da análise de variância (ANOVA), usando o software Statistica® para detectar a diferença significativa entre as amostras ($p<0,05$), em nível de confiança de 95%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à composição centesimal das amostras de soja estudadas encontram-se na Tab. 1, abaixo.

Tab. 1. Composição centesimal das amostras de grão de soja natural e processada

| **Amostra*** | **Umidade (%)** | **Cinzas (%)** | **Lipídeos (%)** | **Proteína (%)** | **Carboidratos (%)** |
|---|---|---|---|---|---|
| Natural | $11,43^{a}\pm0,10$ | $5,76^{a}\pm0,12$ | $20,12^{a}\pm0,15$ | $33,55^{b}\pm0,11$ | $29,26^{b}\pm0,13$ |
| Processada | $10,20^{b}\pm0,20$ | $5,65^{a}\pm0,23$ | $20,64^{a}\pm0,21$ | $33,28^{b}\pm0,27$ | $30,10^{b}\pm0,25$ |
| Padrão(EMBRAPA) | $5,91^{c}\pm0,15$ | $5,63^{a}\pm0,16$ | $20,61^{a}\pm0,18$ | $36,00^{a}\pm0,21$ | $31,85^{a}\pm0,19$ |

*Valores seguidos de letras distintas minúsculas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Como podem ser observados, os valores de umidade diferiram significativamente do valor padrão, retirado de um estudo feito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). A amostra processada seguiu o estudo de Benassi *et al.* (2011), onde as amostras devem ter entre 9 e 11% de umidade. Diferentemente de Alezandro *et al.* (2008) que encontrou valores de 6,90%, um valor um pouco mais próximo do estudo da EMBRAPA. O valor

encontrado para a amostra natural, sugere que está acima de todos os outros encontrados, no entanto, este grão não passou por processos de secagem, o que pode explicar tal valor. O controle de umidade é muito importante para a manutenção das características dos grãos durante o armazenamento, para que não ocorram germinação e desenvolvimento de fungos e insetos, ocasionando a rápida degradação dos grãos (Gonçalves *et al.*, 2014).

Em relação à porcentagem de cinzas, os valores encontrados foram muito próximos, e não diferiram significativamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa (1973) onde na analise de cinzas obteve uma média 5,24% de cinzas em sojas de seis diferentes cultivares. Os resultados obtidos também situam-se dentro da faixa encontrada por Turatti *et al*. (1979), em estudo envolvendo 25 cultivares comerciais.

Para o teor de lipídeos, os valores encontrados foram de 20,12% para a amostra natural e 20,64% para a amostra processada, além de 20,61% para a amostra padrão. Estudos de Silva (2011) são semelhantes, onde avaliando oito cultivares diferentes de grãos de soja, encontrou valores de 18,76% a 22,45%. Santos *et al*. (2014) também avaliou o percentual de lipídios em dez genótipos diferentes de soja e obteve um valor médio de 19,70%.

Já para os teores de proteínas, foram determinados 33,28% de proteínas na amostra de soja processada e 35,33% de proteínas na amostra de soja natural, valores estes, abaixo ao estabelecido pela Embrapa para a alimentação humana e, pelos valores obtidos por Moraes *et al.*(2006), os quais afirmam que, sementes de diferentes variedades de soja apresentaram cerca de 40% de proteína.

A quantidade de proteína nos grãos é determinante da qualidade da matéria e, esse baixo teor encontrado no experimento pode ser reflexo da genética dos grãos, pois, remetemos a uma realidade que se busca o aumento da produtividade enquanto os aspectos qualitativos ficam em segundo plano. O teor de proteínas é, em particular, um aspecto que tem sido bastante observado, muito embora existam evidencias de que um aumento nesse atributo no grão tenda a reduzir o teor de óleo e, talvez mais importante, a produtividade da cultura (Chung e Buhr, 1997). Bonato *et al*. (2000) concluíram que os fatores ambientais podem contribuir fortemente para a concentração de proteína nos grãos, independente dos genes *per se.* Por fim, destaca-se que efeitos da temperatura, bem como a distribuição de chuvas durante o período de enchimento dos grãos e a disponibilidade de nitrogênio para as sementes durante o mesmo período são peças chaves para ao melhor entendimento das variações dos teores de proteína e óleo nas sementes de soja (Pípolo, 2002).

Em relação à análise de carboidratos, os valores encontrados se apresentaram próximos à amostra padrão. Os resultados obtidos também se situam dentro da faixa encontrada por Turatti *et al*. (1979), em estudo envolvendo 25 cultivares comerciais.

Além desses valores, obteve-se resultados próximos de pH, com 6,45 para a soja processada e 6,6 para a soja natural.

## 4. REFERÊNCIAS

Alezandro, M. R., Almeida, S.A., Maia, P.P., Carvalho, H.A., Azevedo, L. and Vieira, E.P., 2008. “Soja transgênica BRS 243 RR: Determinação de macronutrientes e das isoflavonas daidzeína e genisteína por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência(CLAE)”. *Ciência e tecnologia de alimentos*, Vol. 28, p. 520-526.

Alves, F. P., Oliveira, M. A., Mandarino, J. M. G., Benassi, V. T., Leite, R. S. and Seibel, N. F., 2011. “Composição centesimal de grãos de soja de oito diferentes cultivares”. *EMBRAPA*. Londrina, PR.

Amaya-Guerra, C. A., Alanis-Guzman, M. G. and Saldívar, S. O. S., 2004. “Effects of soybean fortification on protein quality of tortilla-based diets produced from regular and quality protein maize”. *Plant Foods Human Nutrition*, Vol. 59, p. 45-50.

Benassi, V.T., Benassi, M.T. and Prudencio, S.H., 2011. “Cultivares brasileiras de soja: características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor”. *Semina: Ciências Agrárias*, Vol. 32, p. 1901-1914.

Bonato, E.R., Bertagonolli, P.F., Cange, C.E. and Rubin, S.A.L., 2000. “Teores de óleo e de proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.*, Vol. 35, p. 2391-2398.

Chung, C. and Buhr, B., 1997. “Market level economic impacts of modified soybeans”. *Agribusiness*, Vol. 13, p.469-482.

Costa, S.I., Miya, E.E. and Fujita, J.T., 1973. “Composição química e qualidades organolépticas e nutricionais das principais variedades de soja cultivadas no Estado de São Paulo”. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, Vol.5, p.305-319.

Dhingra, S. and Jood, S. 2001. “Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour”. *Food Chem.*, Vol. 77, p. 479-488.

Embrapa, 2018. “Soja em números: safra 2017/2018”. 18 set. 2018. <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>.

Gonçalves, L.C., Andrade, A.P.C., Ribeiro, G.P. and Seibel, N.F., 2014. "Chemical composition and technological properties of two soybean cultivars". *Biochemistry and biotechnology reports*, Vol. 3, p. 33-40.

Horan, F. E., 1974. "Soy protein products and their production". *Journal of the American Oil Chemists' Society.* Champain, Vol. 51, p. 67-73.

Instituto Adolfo Lutz, 2008. *Normas analíticas, métodos físicos e químicos*.

Lazzarotto, J.J. and Hirakuri, M.H., 2009. "Evolução e Perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro". *Embrapa Soja*, Londrina, n. 319.

Núcleo De Estudos E Pesquisa Em Alimentos – Nepa, 2006. *Tabela brasileira de composição de alimentos.* 2. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 113p.

Mcmindes, M. K., 1991. "Applications of isolated soy protein in low-fat meat products". *Food Technology*, Vol. 45, p. 61-64.

Mello Filho, O. L., Sediyama, C. S., Moreira, M. A., Reis, M. S., Massoni, G. A. and Piovesan, N. D., 2004. "Grain yield and seed quality of soybean selected for high protein content*". Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Vol. 39, p. 445-450.

Moraes, R. M. A., José, I. C., Ramos, F. G., Barros, E. G. and Moreira, M. A, 2006. "Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, Vol.41, p.715-729.

Pípolo, A.E., 2002. *Influencia da temperatura sobre as concentrações de proteína e de óleo em sementes de soja (Glycine max(L.)Merrill).* Piracicaba: USP, 77p.

Santos, W. F., Pelúzio, J. M., Santos, D.S., Reina, E., Sodré, L.F., Afférri, F.S., Vítor, L.A. and Lima, L., 2014. "Teores de lipídeo e proteína em grãos de soja visando aplicação industrial". *Tecnologia & Ciência Agropecuária.* João Pessoa, Vol. 8, p.61-64.

Turatti, J.M., Salles, A.M., Santos, L.C., Mori, E.E.M. and Figueiredo, I.B., 1979. "Estudos preliminares com cultivares de soja para produção de leite". *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, Vol.16, n.3, p.289-305.

Vega M., J. A. and Felício, P. E., 1987. "Substituição parcial de carne por plasma bovino desidratado e isolado protéico de soja em hambúrguer de frango". *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 7, p. 123-144.

## 5. RESPONSIBILITY NOTICE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PARÂMETROS CINÉTICOS DA PRODUÇÃO DE CAROTENOIDES E VELOCIDADE ESPECÍFICA DE CRESCIMENTO DE *Phaffia rhodozyma* EM BATELADA ALIMENTADA

**Letícia Urnau[1]**
**Paloma Truccolo Reato[1]***
**Eunice Valduga[1]**
**Clarice Steffens[1]**
**Rosicler Colet[1]**
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Sete de Setembro, 1621 - CEP: 99709-910- Erechim – Rio Grande do Sul – Brasil.
*palomareato@gmail.com
**Janaína Fernandes De Medeiros Burkert [2]**
[2]Universidade Federal de Rio Grande, Avenida Itália, km 08- CEP: 96201-9000- Rio Grande- Rio Grande do Sul- Brasil.
jfmb@vetorial.net

***Resumo.*** *A produção biotecnológica de carotenoides resulta em produtos seguros para aplicação em alimentos, sendo considerados produtos naturais. Além disso, é possível controlar a produção, independente da matéria prima e permite a utilização de substratos de baixo custo, tais como resíduos agroindustriais. Assim, este trabalho teve por objetivo a obtenção de carotenoides por Phaffia rhodozyma Y-17268 utilizando substratos agroindustriais (água de maceração de milho- AMM, água de parboilização de arroz- APA e glicerol bruto) em batelada alimentada. A máxima produção de carotenoides foi de 1807 µg/L em meio composto por 100 g/L de AMM, 100 g/L de glicerol e 20 g/L de APA, 1,5 vvm de aeração e 250 rpm de agitação, 25ºC, 96 h, com pH inicial de 4,0 e volume de alimentação de 150 mL a cada 12 h da bioprodução. A velocidade específica máxima de crescimento (µmax) foi de 0,07 $h^{-1}$ durante a bioprodução nas mesmas condições*

***Palavras-chave:*** *biorreator; batelada alimentada; carotenoides*

## 1. INTRODUÇÃO

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis, sendo encontrados em fungos, bactérias, tecidos de plantas verdes e também em animais (Mezzomo & Ferreira, 2016). Apresentam capacidade corante, que provem da presença de uma longa série de duplas ligações conjugadas, que é também responsável por suas propriedades antioxidantes (Macías-Sanchez *et al*., 2010).

Os carotenoides estão amplamente distribuídos na natureza, mas mesmo assim, o volume de produção é dominado pelos métodos sintéticos. Contudo, o impacto negativo causado por compostos sintéticos em produtos alimentícios, está forçando as indústrias a buscarem uma alternativa, e a produção biotecnológica vem sendo uma opção para esses mercados (Mattea *et al*., 2008). Na última década, a aplicação de produtos naturais em alimentos tem ganhado interesse devido aos efeitos benéficos à saúde que esses compostos apresentam (Ursache *et al*., 2018). Uma das características mais importantes dos carotenoides é sua habilidade de agir como antioxidante protegendo células e tecidos dos radicais livres (Mata-Gómez *et al*., 2014). São também precursores de vitamina A, reduzindo o risco de doenças degenerativas e alguns tipos de câncer (Ponka *et al*., 2015; Granado-Lorencio *et al*., 2017).

Para a produção de biocompostos existem vários processos de obtenção. Os processos em biorreator batelada alimentada são considerados eficientes e versáteis em termos de produtividade em células e biocompostos, além de ser interessante por possibilitar a manutenção da velocidade de crescimento em valores controlados, já que a alimentação garante um controle das fontes necessárias ao crescimento, assim minimizando os efeitos de inibição pelo substrato com potencial para a produção de carotenoides (Mears *et al*., 2017).

A levedura *Phaffia rhodozyma* se destaca na produção de carotenoides devido à sua capacidade de assimilar diferentes fontes de carbono como substrato, possuir um metabolismo heterotrófico com taxa de crescimento relativamente rápida, habilidade de atingir alta densidade celular, além de ter sido certificada como GRAS (*generally recognized as safe*) (Silva *et al*., 2016).

O uso de substratos industriais de menor custo como fonte de nutrientes e a adequação das características de meio de cultivo fazem com que esse processo se torne industrialmente praticável, reduzindo assim o custo de produção (Das *et al*., 2007; Buzzini *et al*., 2005).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo obter carotenoides por *Phaffia rhodozyma* Y-17268, utilizando resíduos agroindustriais como substrato, em biorreator batelada alimentada e de determinar os parâmetros cinéticos e a velocidade específica de crescimento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Micro-organismo

A produção de carotenoides foi realizada com a levedura *Phaffia rhodozyma* Y-17268. Para o preparo do inoculo, uma alçada de células da cultura estoque foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de meio YM (*Yeast Malt Extract*): 3 g/L de extrato de levedura, 3 g/L de extrato de malte, 5 g/L de peptona e 10 g/L de glicose. O meio foi previamente esterilizado em autoclave a 121ºC por 15 min, e então, realizou-se a incubação em agitador orbital a 25°C, 180 rpm por aproximadamente 48 h.

### 2.2 Meio de bioprodução

O meio de bioprodução foi constituído por misturas de subprodutos agroindustriais: 100 g/L de água de maceração de milho (AMM), cedida pela Corn Products – Mogi Guaçu/SP; 20 g/L de água de parboilização de arroz (APA), cedida pela Indústria Nelson Wendt de Pelotas/RS e 100 g/L de glicerol bruto, cedido pela Olfar- Erechim/RS.

### 2.3 Bioprodução em biorreator em batelada alimentada

Os ensaios da bioprodução de carotenoides em batelada alimentada foram realizados em Biorreator (Biostat B) com volume total de 2 L por 96 h, utilizando 250 rpm de agitação, 1,5 vvm de aeração, 25ºC em um ambiente com 1,2 lux. Um volume inicial de 900 mL do meio de cultura adicionado no frasco do biorreator foi autoclavado. Após o resfriamento do sistema, foram adicionados 100 mL do pré-inóculo.

O sistema de batelada alimentada foi conduzido com adição de 150 mL de meio de cultivo a cada 12 h, considerando os resultados na curva de crescimento (definida em estudos anteriores), onde a biomassa mantinha-se praticamente constante, sendo este ponto o final da fase exponencial de crescimento celular (com densidade óptica aproximada de 1,2).

Com o objetivo de verificar a cinética de consumo de substrato (carbono, glicerol e nitrogênio), crescimento celular e produção de carotenoides realizaram-se coletas de 50 mL a cada 12 h antes da alimentação e 25 mL a cada 12 h após alimentação, das amostras do meio de bioprodução, possibilitando assim, a posterior construção das curvas cinéticas.

### 2.4 Recuperação de carotenoides

Inicialmente, as amostras foram centrifugadas (Elettrofor MPW 351R) a 4478 x g, 5ºC por 10 min e realizada lavagem com éter etílico para remoção de resíduos de glicerol na célula. As mesmas foram congeladas em freezer a -80ºC por 5 h e secas em liofilizador (Edward) por 36 h. Após a liofilização, a quantidade de biomassa produzida foi quantificada.

Para o rompimento celular utilizou-se 0,05 g de células liofilizadas, nas quais adicionou-se 2 mL de dimetilsufóxido – DMSO. As amostras foram submetidas a homogeneização em agitador orbital a 150 rpm, 35ºC por 60 min (Urnau et al., 2017).

Em seguida, foram adicionados 4 mL de acetona, seguido de centrifugações (Elettrofor MPW 351R) a 4478 x g, 5ºC, 10 min. O sobrenadante foi separado e realizaram-se extrações sucessivas, até que o solvente e as células apresentam-se sem coloração. Nas fases solventes (sobrenadante) foram adicionados 10 mL da solução de cloreto de sódio 20 % (m/v) e 10 mL de éter de petróleo. Após agitação e separação de fases foi realizado uma filtração com a adição de 2 g de sulfato de sódio e retirada a fase sobrenadante com o auxílio de uma pipeta (BONFIM, 1999). Posteriormente, os pigmentos foram quantificados pelo método espectrofotométrico.

### 2.5 Determinações analíticas

#### 2.*5.1 Determinação dos carotenoides específicos e totais*

A absorbância da amostra após extração foi medida em espectrofotômetro (Agilent 8553). A concentração total de carotenoides foi estimada através do valor medido da máxima absorbância a 474 nm, utilizando a equação descrita por

Davies (1976). Os coeficientes de absorbância utilizados foram referentes a astaxantina: ($E_{1cm}^{1\%}$ = 2100) para o éter de petróleo (Davies, 1976).

Os resultados da concentração de carotenoides foram expressos em termos de carotenoides específicos através da Equação 1.

$$CE = \frac{A*V*10^6}{E_{1cm}^{1\%}*100*m} \quad (1)$$

Onde: CE é a concentração de carotenoides específicos (µg/g). A é a absorbância, V é o volume de corante produzido, $E_{1cm}$ é o coeficiente de extinção e m é a massa de amostra utilizada.
Para determinação de carotenoides totais (µg/L) levou-se em consideração o teor de carotenoides específicos (µg/g) e a produção de células (liofilizadas) em um litro de meio de cultura (g/L).

*2.5.2 Teor de glicerol, carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) e pH do meio*

O pH dos meios de cultivo foi ajustado utilizando pHmetro digital (Digimed DMPH- 2) em pH inicial de 4,0 com solução de HCl 2 mol/L e a evolução durante a bioprodução foi acompanhada.

A determinação da concentração de glicerol seguiu o método descrito por Cocks e Van Rede (1966). A quantidade de glicerol foi expressa em g/L, conforme Equação 2.

$$Glicerol = \frac{9{,}209 * M(T_1 - T_2) * 10}{W} \quad (2)$$

Onde: M = molaridade da solução de hidróxido de sódio; T1 = volume (mL) gasto de NaOH na amostra; T2 = volume (mL) gasto de NaOH no branco; W = massa (g) da amostra.

Os teores de Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT) foram determinados pelo método da oxidação por combustão catalítica a 680ºC para COT e 720ºC para NT com detecção por infravermelho (Shimadzu, modelo TOC-VCSH). As amostras foram diluídas 100 vezes em água ultrapura, antes da leitura no equipamento.

*2.5.3 Velocidades instantâneas e específicas globais*

É possível determinar, a partir de um balanço de massa para cada componente, o consumo de substrato ($r_x$), o qual pode ser aplicado para o glicerol, o carbono orgânico total ou o nitrogênio total, descrito na equação 3 conforme Bailey e Ollis (1986).

$$r_x = -\frac{dX}{dt} \quad (3)$$

Onde: $r_x$ é o consumo de substrato, dX é o consumo de substrato global e dt é a variação do tempo.

Dividindo-se as velocidades instantâneas pela concentração celular naquele instante, obtém-se a velocidade específica de crescimento ($\mu_x$), expressa pela equação 4, descrita por Bailey e Ollis (1986).

$$\mu_x = \frac{r_x}{X} \quad (4)$$

Onde: $\mu_x$ é a velocidade específica de crescimento, $r_x$ é a velocidade instantânea e X é a concentração celular no instante em análise.

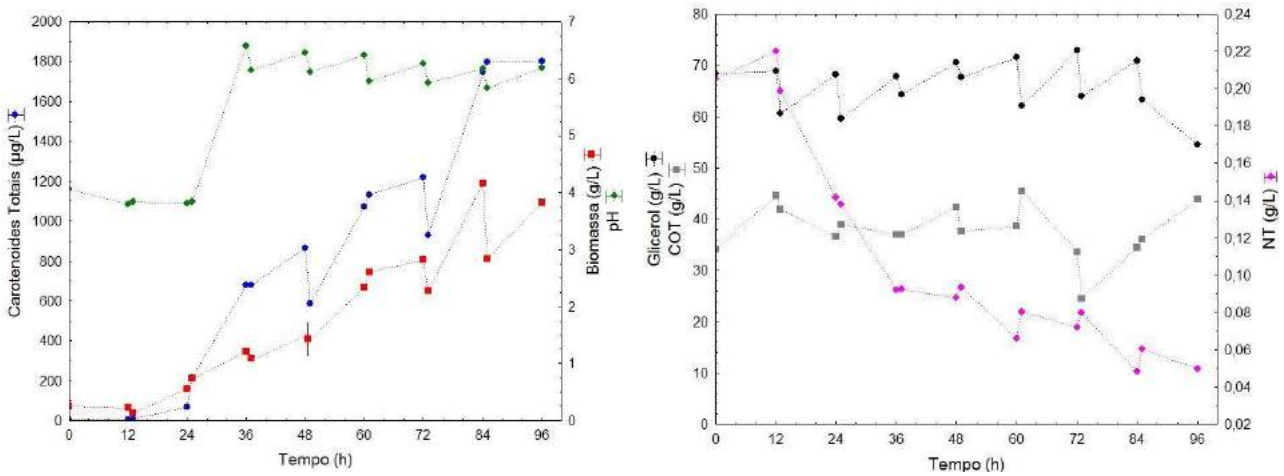
Para velocidades constantes (fase exponencial), estas foram determinadas através do coeficiente angular da melhor reta ajustada nas curvas que representam as cinéticas de crescimento, consumo de glicerol e produção de carotenoides.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 e as Figura 1a e 1b apresentam as cinéticas de crescimento celular (biomassa), da bioprodução de carotenoides totais e específicos, a evolução do pH e o consumo dos substratos realizados em batelada alimentada com uma alimentação de 150 mL a cada 12 h.

Tabela 1. Cinética da bioprodução de carotenoides e biomassa da *P. rhodozyma*, pH e consumo de substratos (COT, nitrogênio- NT e glicerol) para o ensaio em batelada alimentada, volume de alimentação de 150 mL a cada 12 h.

| Tempo (h) | Biomassa (g/L) | pH | Carotenoides Específicos (µg/g) | Carotenoides Totais (µg/L) | COT (g/L) | NT (g/L) | Glicerol (g/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,25 | 4,07 | 16,57 | 4,11 | 34,14 | 0,2053 | 68,45 |
| 12 | 0,22 | 3,79 | 18,39 | 4,06 | 44,60 | 0,2200 | 68,83 |
| 12’ | 0,14 | 3,84 | 69,33 | 9,72 | 41,82 | 0,1988 | 60,57 |
| 24 | 0,57 | 3,81 | 122,38 | 70,01 | 36,59 | 0,1415 | 68,23 |
| 24’ | 0,74 | 3,84 | 293,71 | 217,35 | 38,93 | 0,1380 | 59,63 |
| 36 | 1,21 | 6,58 | 565,82 | 678,97 | 37,01 | 0,0922 | 67,83 |
| 36’ | 1,10 | 6,15 | 612,62 | 679,89 | 36,92 | 0,0926 | 64,4 |
| 48 | 1,69 | 6,45 | 510,47 | 864,23 | 42,42 | 0,0879 | 70,52 |
| 48’ | 1,44 | 6,11 | 408,95 | 588,89 | 37,58 | 0,0935 | 67,7 |
| 60 | 2,34 | 6,41 | 458,58 | 1073,98 | 38,69 | 0,0659 | 71,59 |
| 60’ | 2,60 | 5,95 | 435,57 | 1129,88 | 45,45 | 0,0806 | 62,18 |
| 72 | 2,82 | 6,27 | 433,71 | 1218,24 | 33,61 | 0,072 | 72,93 |
| 72’ | 2,28 | 5,92 | 407,42 | 927,31 | 24,44 | 0,0799 | 63,93 |
| 84 | 4,17 | 6,18 | 418,76 | 1746,23 | 34,51 | 0,0485 | 70,85 |
| 84’ | 2,83 | 5,83 | 416,51 | 1800,24 | 36,06 | 0,0606 | 63,32 |
| 96 | 3,82 | 6,19 | 781,52 | 1807,42 | 43,91 | 0,0497 | 54,49 |




(a) (b)

Figura 1. Cinética de produção de carotenoides totais, biomassa e pH (a), consumo de substrato: glicerol, COT e NT (b) para ensaio em batelada alimentada com uma taxa de alimentação de 150 mL a cada 12 h.

A concentração máxima de carotenoides em regime de batelada alimentada foi de 1807,42 µg/L (781,52 µg/g de carotenoides específicos) em 96 h de bioprodução.

Quando se comparam os resultados obtidos no presente estudo com os obtidos na literatura, verifica-se um incremento na bioprodução de carotenoides. Silva *et al*. (2016) em produção em frascos agitados (25ºC e 150 rpm por 168 h) utilizando meio composto por 10 g/L de glicerol, 10 g/L de glicose, 10 g/L de extrato de levedura, 10 g/L de extrato de malte e 1 g/L de peptona em pH inicial 6,0, obtiveram máxima concentração de carotenoides específicos de 326,8 µg/g. Tal resultado demonstra que a utilização do sistema batelada alimentada, com uma adição gradual dos nutrientes (substratos) foi eficaz para incrementar a produção em cerca de 139%, além disso, deve ser levado em consideração que no presente estudo foram utilizados apenas resíduos agroindustriais como substrato, tornando o processo menos dispendioso, em um período tempo inferior (96 h).

Um dos parâmetros que influenciam o crescimento celular e a formação de produto é o pH, o que torna a sua evolução um objeto de estudo na produção de carotenoides. Observando-se a Figura 1 verifica-se que o pH se manteve constante durante as primeiras 24 h, quando apresentou um aumento de 4,0 para 6,5, sendo que, após esse tempo de bioprodução, pequenas variações foram observadas. A carotenogênese e o crescimento celular acompanharam a elevação do pH (4,0 a 6,58), sendo que a máxima produção de carotenoides (1807,42 µg/L) foi verificada em pH 6,19.

Em estudo similar de Colet *et al*. (2015) dobservaram um aumento de até 7,68 nas primeiras 24 h de bioprodução de carotenoides por *Sporiodiobolus salmonicolor* em batelada alimentada, ocorrendo após esse período um decréscimo progressivo até valores próximos de 4,0, no fim do processo.

Analisando o consumo de substrato, houve maior consumo de NT em relação aos outros nutrientes. A concentração final de carbono orgânico total foi superior a inicial, devido à alimentação de nutrientes durante o processo, causando assim, um acúmulo de substrato no meio.

Na Figura 2 está representada a evolução da velocidade específica de crescimento ($\mu_x$) e da produtividade em célula (Px) durante a bioprodução.

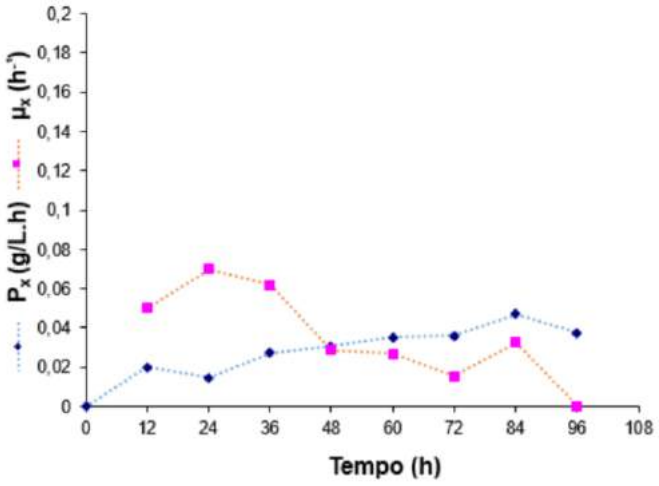



Figura 2. Evolução da velocidade específica de crescimento (µx) e da produtividade em célula (Px) durante a bioprodução em batelada alimentada com alimentação de 150 mL a cada 12 h.

Na Figura 2 é possível observar que quando foi realizada uma alimentação de 150 mL de substrato a cada 12 h, obteve-se µmax de 0,07 $h^{-1}$ e Px de 0,04 g/L.h. Em condição de alta concentração de substrato, o micro-organismo cresce com velocidade máxima (µmax), já quando o mesmo diminui, sem ocorrência de inibição de substrato, µ diminui até atingir valor zero (substrato esgotado). Luna-Flores et al. (2010) realizando produção de carotenoides de *X. dendrorhous* em batelada alimentada obteve um µmax de 0,1258 $h^{-1}$, valor semelhante com o obtido no ensaio realizado no presente estudo, e também, dentro da faixa reportada por outros autores (Yuan-Shuai e Jiang-Yong, 2008).

## 4. CONCLUSÕES

A utilização de resíduos agroindustriais como fonte de substrato, bem como a realização do processo em modo batelada alimentada foram eficazes na bioprodução de carotenoides. Uma máxima produção de carotenoides foi de 1807,42 µg/L (781,52 µg/g), com alimentação de 150 mL a cada 12 h e em 96 h de processo, com µmax de 0,07 $h^{-1}$ e produtividade em célula de 0,04 g/L.h.

## 5. AGRADECIMENTOS

À URI Erechim, CAPES, CNPq e FAPERGS pelo suporte financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS

Bailey, J. E.; Ollis, D. F. Biochemical Enginnering Fundamentals, McGraw- Hill Book Company, 2ª ed., p. 984, 1986

Bonfim, T. M. B., 1999. *Produção de astaxantina pela levedura Phaffia rhodozyma (Xanthophyllomyces dendrorhous) a partir de meios de cultura de baixo custo.* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Buzzini, P., Martini, A., Gaetani, M., Turchetti, B., Pagnoni, U. M., & Davoli, P. (2005). Optimization of carotenoid production by *Rhodotorula graminis* DBVPG 7021 as a function of trace element concentration by means of response

surface analysis. *Enzyme and Microbial Technology*, 36, 687 – 692.

Cocks, L.V., & Van Rede, C., 1966. Laboratory handbook for oils and fats analysis. *Academic Press*, p. 196, Londres.

Colet, R., Di Luccio, M., & Valduga, E., 2015. Fed-batch production of carotenoids by *Sporidiobolus salmonicolor* (CBS 2636): kinetic and stoichiometric parameters. *European Food Research & Technology*, 240, 173-182.

Das, A., Yoon, S- H., Lee, S- L., Kim, J- Y., Oh, D- K., & Kim, S- W., 2007. An update on microbial carotenoid production: application of recent metabolic engineering tools. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 77, 505–512.

Davies, B. H., 1976. Carotenoid. In T. W. Goodwin (Ed.), *Chemical biochemistry plant pigments*. New York: Academic.

Granado-Lorencio, F., Blanco-Navarro, I., & Hernández-Álvarez, E. (2017). Biomarkers of carotenoid bioavailability. *Food Research International*, 99, 902-916.

Luna-Flores, C.H.; Ramírez-Cordova, J.J.; Pelayo-Ortiz, C.; Femat, R.; Herrera-López, E.J. Batch and fed-batch modeling of carotenoids production by Xanthophyllomyces dendrorhous using Yucca fillifera date juice as substrateb. Biochemical Engineering Journal, Vol. 53, p. 131–136, 2010.

Macías-Sánchez, M. D., Fernandez-Sevilla, J.M., Acién Fernandez, F.G., Cerón Garcia, M.C., & Grimma, E.M., 2010. Supercritical fluid extraction of carotenoids from *Scenedesmus almeriensis*. *Food Chemistry*, 123, 928–935.

Mata-Gómez, L.C., Montanez, J.C., Méndez-Savala, A., & AGuilar, C.N., 2014. Biotechnological production of carotenoids by yeasts: an overview. *Microbial cell factories*, 13, 13-23.

Mattea, F., Martín, A., & Cocero, M. J., 2008. Carotenoid processing with supercritical fluids. *Journal of Food Engineering*, 93, 255-265.

Mears, L., Stocks, S.M., Sin, G., & Gernaey, K.V., 2017. A review of control strategies for manipulating the feed rate in fed-batch fermentation processes. *Journal of Biotechnology*, 245, 34-46.

Mezzomo, N., & Ferreira, S.R.S., 2016. Carotenoids Functionality, Sources, and Processing by Supercritical Technology: A Review. *Journal of Chemistry*, 2016, 16.

Ponka, R., Fokou, E., Kansci, G., Beaucher, E., Piot, M., Leonil, J., & Gaucheron, F., 2015. Amino acids, major carotenoids and vitamin A activity of some traditional sauces consumed in the Far North Region of Cameroon. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 88-95.

Silva, C.M., Borba, T. M., Kalil, S.J., & Burkert, J.F.M., 2016. Raw glycerol and parboiled rice effluent for carotenoid production: effect of composition of culture medium and initial pH. *Food Tecnhology and Biotechnology*, 54, 489-496.

Urnau, L., Colet, R., Soares, V.F., Franceschi, E., Valduga, E., & Steffens, C., 2017. Extraction of Carotenoids from *Xanthophyllomyces dendrorhous* using Ultrasound-Assisted and Chemical Cell Disruption Methods. *The Canadian journal of chemical engineering*, 9999.

Ursache, F.M., Andronoiu, D.G., Ghinea, I.O., Barbu, V., Ionita, E. Cotarlet, E., Dumitrascu, L., Botez, E., Rapeanu, G., & Stanciuc, N., 2018. Valorizantions of carotenoids from sea bucktorn extract by microencapsulation and formulation of value-added food products. Journal of food engineering, 19, 1-9.

Yuan-Shuai, L.; Jian-Yong, W. Modeling of Xanthophyllomyces dendrohous growth on glucose and overflow metabolism in batch and fed-batch cultures for astaxanthin production, Biotechnology and Bioengineering, Vol. 101, p. 996–1004, 2008.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# VERIFICAÇÃO MICROBIANA DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO OPERACIONAL E PRÉ-OPERACIONAL EM UM ABATEDOURO DE AVES NO OESTE CATARINENSE

**Aline Manfron**[1]
**Liliane Alves dos Santos Wanderley**[2]
**Patrícia Fonseca Duarte**[2]
[1]Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Rua Servidão Anjo da Guarda, nº 295-D, Bairro Efapi, Chapecó – SC.
[2]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Av. Sete de Setembro, 1621, Fátima, Erechim-RS.
aline.manf@unochapeco.edu.br; lasw@unochapeco.edu.br; paty_fonsecaduarte@hotmail.com.

***Resumo.*** *Novas tecnologias em nutrição, manejo, sanidade e genética resultaram no avanço da importância da carne de frango como uma fonte de proteína animal de custo acessível para a população. Com o crescimento do mercado avícola a competitividade também aumentou, o consumidor tornou-se mais exigente quanto à qualidade e a segurança dos produtos. Produtos de origem animal possuem uma variedade de micro-organismos presentes naturalmente ou adquiridos durante o abate. O objetivo deste trabalho foi verificar, por meio de coleta de amostras de superfícies dos equipamentos para avaliar a carga microbiana de um abatedouro de aves. As coletas foram executadas durante o processo industrial (operacional) e antes de iniciar o processo, após a higienização dos equipamentos (pré-operacional). Para realização das análises foi utilizado a técnica de "swab" nos equipamentos e as contagens de mesófilos, Enterobactérias, Escherichia coli e Staphylococcus aureus foram realizadas pela técnica do PetrifilmTM 3MTM . Observou-se uma contagem significativa para as análises de mesófilos, Enterobacterias e E. coli. Não houve contagem pra o micro-organismo S. aureus em nenhum dos pontos de coleta. Percebeu-se que alguns pontos são mais contaminados que outros podendo ocorrer uma contaminação cruzada ou até mesmo formação de biofilmes.*

***Keywords:*** *segurança, swab, higienização, micro-organismos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Novas tecnologias em nutrição, manejo, sanidade e genética resultaram no avanço da importância da carne de frango como uma fonte de proteína animal de custo acessível para a população. Esta intensificação na produção permitiu o alcance do Brasil como um dos maiores produtores de frangos de corte do mundo (Texeira & Lima, 2008).

Com o crescimento do mercado avícola a competitividade também aumentou, o consumidor tornou-se mais exigente quanto à qualidade e a segurança dos produtos. Sendo o frigorífico o agente coordenador dessa cadeia, cabe a ele a responsabilidade quanto à gestão da qualidade voltada às necessidades do mercado consumidor. Deste modo a gestão da qualidade em frigoríficos avícolas vem sendo associada à segurança alimentar e aos padrões microbiológicos. (Bueno, 2006).

Produtos de origem animal possuem uma variedade de micro-organismos presentes naturalmente ou adquiridos durante o abate. Alguns podem se multiplicar na carne causando deterioração e redução da vida de prateleira, outros representam um perigo à saúde dos consumidores por serem causas de intoxicações, doenças infecciosas ou toxi-infecciosas (Samulak, 2011).

Neste contexto percebe-se que a higienização tem um papel muito importante dentro da indústria, pois ela é responsável por diminuir a contaminação do processo sem deixar resíduos, dando maior vida útil ao produto e contribuindo na saúde dos consumidores.

O procedimento de higienização consiste fundamentalmente no uso de detergentes para diminuir resíduos orgânicos das superfícies e sanificantes para reduzir micro-organismos alteradores e eliminar patógenos até níveis seguros, para que assim possa obter um produto de boa qualidade higiênico-sanitária (Both, 2010).

A adoção de práticas aprimoradas de limpeza e sanitização na indústria de alimentos são importantes, pois permitem a obtenção de produtos de boa qualidade do ponto de vista de saúde pública, atendendo exigências de padrões microbiológicos (Immig, 2013).

O objetivo deste trabalho foi verificar, por meio de coleta de amostras de superfícies dos equipamentos, no processo (operacional) e após a higienização (pré-operacional) nos setores produtiva para avaliar a carga microbiana de um abatedouro de aves.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um abatedouro de aves, que abate em torno de 75 mil aves/dia, sob o Serviço de Inspeção Federal (SIF). As coletas foram executadas durante o processo industrial (operacional) e antes de iniciar o processo, após a higienização dos equipamentos (pré-operacional).

As coletas foram realizadas duas vezes ao mês, conforme o controle de qualidade. Os pontos escolhidos estão descritos na tabela 1 totalizando 20 pontos de coletas.

Tabela 1 - Distribuição das coletas.

| Código da superfície | Equipamentos |
|---|---|
| S1 | Esteira peito filetadora |
| S2 | Esteira aérea peito filetadora |
| S3 | Chiller cabeça |
| S4 | Nórea evisceração |
| S5 | Chiller pré- resfriamento |
| S6 | Mesa frango a passarinho |
| S7 | Extratora de papo e traquéia |
| S8 | Abridora abdominal |
| S9 | Embaladora de peito |
| S10 | Evisceradora |
| S11 | Esteira da coxa |
| S12 | Módulo asa |
| S13 | Esteira frango inteiro |
| S14 | Nórea automática |
| S15 | Embaladora asa |
| S16 | Esteira aérea coxa |
| S17 | Esteira nórea manual |
| S18 | Filetadora |
| S19 | Módulo peito |
| S20 | Embaladora de miúdos |

O ensaio de superfícies pela técnica de "swab" nos equipamentos procedeu de acordo com a metodologia descrita por Silva *et al.* (2001). As coletas foram realizadas durante o processo da indústria (operacional) e antes de iniciar o processo (pré-operacional), com o auxílio de um swab umedecido em solução salina 0,1% em uma área de 50 cm2 delimitada por um molde esterilizado.

### 2.1 Análises Microbiológicas

Após a coleta, os tubos de ensaio com as amostras foram transportados sob refrigeração ao laboratório industrial para a realização das posteriores análises de mesófilos, *Enterobactérias*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, pela técnica de 3M Petrifilm™ (figura 1), sendo os resultados expressos em unidades formadoras de colônias (UFC) por $cm^2$.

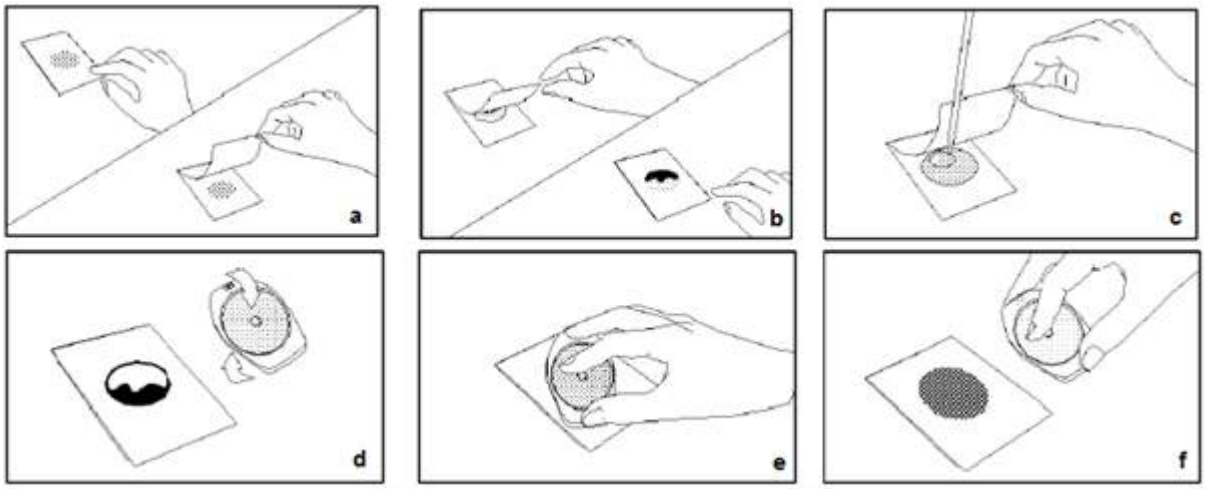



Figura 1. Técnica de análise 3MTM PetrifilmTM a) as placas em superfície plana, b) levantar o filme superior da placa, c) transferência de 1mL da amostra no centro do filme inferior, d) colocado o difusor sobre a área central da placa, com o lado liso para baixo, e) distribuir uniformemente a amostra pela placa exercendo uma leve pressão sobre o centro do difusor, f) remover o difusor e aguardado 1 minuto para permitir a solidificação do gel.

### 2.2 Ensaio para contagem de Mesófilos

Foi utilizado Petrifilm™ AC, conforme as instruções do fabricante demonstrado na figura 1. Foi transferido 1,0 ml para o centro do filme inferior e cuidadosamente o filme superior foi posicionado de forma a evitar a formação de bolhas de ar. A distribuição da amostra em todo o filme inferior se deu com a ajuda do difusor. Em seguida as placa foram incubadas na posição horizontal em temperatura de 35 ± 1ºC por 48 ± 3h. A contagem se da com colônias vermelhas (AOAC, 2012a).

### 2.3 Ensaio para contagem e identificação das *Enterobactérias*

As contagens das *Enterobactérias* utilizou-se a técnica da 3M Petrifilm™ para contagem de *Enterobacteriaceae*. A metodologia foi realizada conforme descrito na figura 1. Posteriormente, as placas foram incubadas em temperatura de 37 ± 1ºC por 24 ± 2h. Colônias produtoras de gás e/ou ácido são consideradas como *Enterobactérias* presumíveis, associadas com bolhas de gás e nenhuma zona ácida ou zonas ácidas amareladas sem produção de gás e/ou produzir tanto gás e ácido (AOAC, 2012b).

### 2.4 Ensaio para para contagem e identificação de *Escherichia coli*

Já para as contagens e identificação de *E. coli* utilizou-se a técnica da 3M Petrifilm™ para Contagem de Coliformes e *E. coli* - EC. A metodologia foi realizada conforme descrito na figura 1. Posteriormente, as placas foram incubadas em temperatura de 35 ± 1ºC por 24 ± 1h. Colônias positivas de *E. coli* produz glicuronidase (enzima), que reage com o corante indicador na placa, formando um precipitado azul em torno da colônia (AOAC, 2012c).

### 2.5 Ensaio para contagem e identificação de *Staphylococcus aureus*

Para contagem de *S. aureus* foi transferido com o auxílio de uma pipeta 1mL da amostra em placas 3M Petrifilm™ para contagem rápida de *Staphylococcus* - STX. Incubadas na posição horizontal em temperatura de 35 ± 1ºC por 24 ± 1h. Presença de colônias características típicas apresenta-se na cor vermelho violeta (AOAC, 2012d).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão descritos na tabela 2 e 3.

Tabela 2. Contagem de micro-organismos em *swab* de superfícies durante o processo industrial (operacional) na coleta 1.

| Código superfície | Mesófilos | Enterobactérias | *E. coli* | *S. aureus* |
|---|---|---|---|---|
| S1 | $1,3X10^1$ | $3,0X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S2 | $1,3X10^1$ | $5,0X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S3 | $1,4X10^1$ | $2,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. |
| S4 | $1,2X10^2$ | $3,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. |
| S5 | $1,0X10^1$ | $5,0X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S6 | $7,8X10^1$ | $1,7X10^1$ | $2,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S7 | $1,2X10^2$ | $1,6X10^1$ | $4,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S8 | $1,2X10^2$ | $5,0X10^1$ | $1,8X10^1$ | $<1,0X10^0$est. |
| S9 | $1,5X10^1$ | $4,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. |
| S10 | $1,6X10^3$ | $4,0X10^2$ | $1,0X10^2$ | $<1,0X10^0$est. |
| S11 | $8,2X10^1$ | $4,0X10^0$ | $2,0 X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S12 | $1,6 X10^1$ | $2,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. |
| S13 | $1,2X10^2$ | $7,0 X10^1$ | $2,0 X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S14 | $1,9X10^1$ | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. |
| S15 | $1,0X10^1$ | $2,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. |
| S16 | $1,9X10^1$ | $1,0X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S17 | $2,0X10^2$ | $2,0X10^1$ | $8,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S18 | $1,5X10^2$ | $1,4X10^1$ | $5,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S19 | $2,0X10^2$ | $3,2X10^1$ | $1,0X10^1$ | $<1,0X10^0$est. |
| S20 | $9,0X10^0$ | $2,0X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |

*contagem em UFC por $cm^2$

Tabela 3. Contagem de micro-organismos em *swab* de superfícies durante o processo industrial (operacional) na coleta 2.

| Código superfície | Mesófilos | Enterobactérias | *E. coli* | *S. aureus* |
|---|---|---|---|---|
| S1 | $7,8X10^1$ | $2,6X10^1$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S2 | $6,8X10^1$ | $1,6X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S3 | $4,7X10^1$ | $2,8X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S4 | $7,0X10^1$ | $3,6X10^0$ | $1,6X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| S5 | $2,8X10^1$ | $1,5X10^0$ | $5,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S6 | $3,3X10^1$ | $2,1X10^1$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S7 | $1,0X10^2$ | $1,0X10^1$ | $4,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S8 | $1,1X10^2$ | $4,0X10^1$ | $1,0X10^1$ | $<1,0X10^0$est. |
| S9 | $8,6X10^1$ | $3,0X10^1$ | $1,3X10^1$ | $<1,0X10^0$est. |
| S10 | $1,3X10^3$ | $2,6X10^2$ | $8,0X10^1$ | $<1,0X10^0$est. |
| S11 | $2,0X10^1$ | $1,5X10^0$ | $2,0 X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S12 | $2,7X10^1$ | $1,4X10^1$ | $4,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S13 | $8,9X10^2$ | $2,1X10^1$ | $7,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S14 | $1,4X10^1$ | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. |
| S15 | $1,4X10^1$ | $4,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. | $<1,0X10^0$est. |
| S16 | $2,0X10^1$ | $3,0X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S17 | $1,2X10^2$ | $1,0X10^1$ | $1,0 X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S18 | $5,0X10^1$ | $1,0X10^1$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |
| S19 | $2,2X10^2$ | $5,0X10^1$ | $1,4X10^1$ | $<1,0X10^0$est. |
| S20 | $1,4X10^1$ | $3,0X10^0$ | $1,0X10^0$ | $<1,0X10^0$est. |

*contagem em UFC por $cm^2$

Observou-se pela contagem da primeira coleta que o ponto S10 apresentou uma maior contagem para as análises de mesófilos, *Enterobacterias* e *E. coli*. Porém, dos 20 pontos de coletas apenas 06 (S3, S4, S9, S12, S14, S15) não apresentaram contaminação por *E. coli*. Percebeu-se ainda, que não houve em nenhum dos pontos contagem do micro-organismo *S. aureus*.

Na segunda coleta, verificou-se novamente uma contagem maior no ponto S10 nas análises de mesófilos, *Enterobacterias* e *E.coli*. No entanto, não houve nenhuma contagem para o micro-organismo *S. aureus*. Notou-se também, que não houve contagem de *E. coli* apenas nos pontos S15 e S14.

As coletas e análises antes de iniciar o processo, após a higienização dos equipamentos (pré-operacional) apresentaram resultados $< 1,0X10^0$ estimado, em todos os pontos e nas duas coletas.

Para análises de superfícies dos frigoríficos, geralmente utiliza-se como parâmetros microbiológicos os exigidos pela Directiva 2001/471/CE (UNIÃO EUROPÉIA, 2001), que preconiza que os valores para os números de colônias aceitáveis de: mesófilos 0 – 10 por $cm^2$, *Enterobactérias* 0 – 1 por $cm^2$ e *E. coli* ausência em 100 $cm^2$.

No estudo de Kraszczuk (2010), em seis meses de análises, as máquinas de evisceração apresentaram resultados mais críticos com relação aos demais pontos de coleta, corroborando com avaliação aqui apresentada.

Observou-se na pesquisa de Samulak *et al.* (2011), que houve contaminação significativa de coliformes totais, *S. aureus* e mesófilos aeróbios entre as etapas de depilação e evisceração. E que a quantidade de coliformes totais foi significativa devido a um possível extravasamento de conteúdo visceral.

Para Contreras *et al.* (2003), os equipamentos e utensílios com higienização deficiente têm sido responsáveis, isoladamente ou associados a outros fatores, por surtos de doenças de origem alimentar ou por alterações de alimentos processados.

As falhas dos procedimentos de higienização permitem que os resíduos aderidos aos equipamentos e superfícies transformem-se em potencial fonte de contaminação. Para uma adequação do processo de higienização dos equipamentos é necessário sob determinadas condições, os micro-organismos se aderem, interagem com as superfícies e iniciam crescimento celular e formando biofilmes (Oliveira *et al.*, 2008).

## 4. REFERÊNCIAS

AOAC Official method 990.12. Aerobic Plate Count in Foods. PetrifilmTM Aerobic Count Plate Methods, 19th ed., 2012a.

AOAC Official method 2003.01. Enumeration of Enterobacteriaceae in Selected Foods. PetrifilmTM Enterobacteriaceae Count Plate Methods, 19th ed., 2012b.

AOAC Official method 991.14. Confirmed Escherichia coli counts in Poultry, Meats and Sea Foods. PetrifilmTM E. coli Coliform Count Plate Methods, 19th ed., 2012c.

AOAC Official method 2001.05. Enumeration of Staphylococcus aureus in Selected Foods. PetrifilmTM Staphylococcus Count Plate Methods, 19th ed., 2012d.

BOTH, J.M.C. A desinfecção como barreira sanitária na prevenção de doenças transmitidas por alimentos (DTA): sensibilidade de amostras de Staphylococcus aureus isoladas em alimentos no IPB-Lacen/RS, hipoclorito de sódio. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BUENO, M.P.; BUENO, V.P.; ARAÚJO, G.C.; SOUSA, A.A.; SPROESSER, R.L. Gestão da Qualidade nos Frigoríficos de Abate de Frangos Face as Exigências do Mercado. XIII SIMPEP, Bauru, SP, 2006.

CONTRERAS, C.J.; BROMBERG, R.; CIPOLLI, K.M.V.A.B.; MIYAGUSKU, L. Higiene e Sanitização na Indústria de carnes e derivados. São Paulo, SP, 2003.

KASNOWSKI, M.C.; MANTILLA, S.P.S.; OLIVEIRA, L.A.T.; FRANCO, R.M. Formação de biofilme na indústria de alimentos e métodos de validação de superfícies. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, Garça, n. 15, p.1-23, 2010.

KRASZCZUK, V. Verificação do processo de higienização pré-operacional de um abatedouro de aves. 2010. 65 f. Trabalho de conclusão – Curso graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

IMMIG, J.O. Higienização na indústria de alimentos. 2013. 46 f. Trabalho de conclusão – Curso graduação em Medicina Veterinária. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

OLIVEIRA, M.N; BRASIL, A.L.D.; TADDEI, J.A.A.C. Avaliação das condições higiênico-sanitárias das cozinhas de creches públicas e filantrópicas. Ciência & Saúde Coletiva, São Paulo, v.13, n.3, p. 1051-1060, 2008.

SAMULAK, R.L.; ZANETTI, G.F.; RODRIGUES, S.A.; BITTENCOURT, J.S.M. Condição higiênico –sanitária de abatedouro frigorifico e fábrica de embutidos no estado do Paraná. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v.5, n.1, p.408-417, 2001.

SILVA, N.; CANTÚSIO, R.N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. Manual de métodos e análises microbiológicas de alimentos. 2.ed. São Paulo, SP, 2001.

TEXEIRA, L.C; LIMA, A.M.C. Ocorrência de Salmonella e Listeria em carcaças de frango oriundas de dois sistemas de criação no município de Campinas, SP. Archives of Veterinary Science, v.13, n.3, p.191- 196, 2008.

UNIÃO EUROPÉIA. Directiva 2001/471/CE, de 21 de junho de 2001. Regras para os controles regulares aplicados à higiene geral dos estabelecimentos. Comissão das Comunidades Européias, Europa, 2001.

## 5. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# OBTENÇÃO DE EXTRATOS E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CASCA DE *PERSEA SP.*

**Patrícia Fonseca Duarte**[1]
**Suelen Paloma Piazza**[1]
**Liliane Alves dos Santos Wanderley**[1]
**Karem Muraro**[1]
**Roberto Verlindo**[1]
**Natalia Paroul**[1]
**Rogério Luis Cansian**[1]
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim, Av. Sete de Setembro, 1261, Fátima, Erechim – RS.
paty_fonsecaduarte@hotmail.com; su.ppiazza@gmail.com; lilianesw@gmail.com; kamuraro@unochapeco.edu.br; robertoverlindo@yahoo.com.br; nparoul@uricer.edu.br; cansian@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O fruto do abacateiro (Persea sp.) é altamente nutritivo, sendo rico em proteínas, lipídeos, vitaminas, minerais e compostos antioxidantes. Na maioria das vezes a casca do abacate é descartada, porém a mesma possui flavonoides que apresentam caráter antioxidante, contribuindo no combate aos radicais livres. Para tanto, este estudo objetivou a extração dos compostos fenólicos da casca in natura do abacate (Persea sp.) e a avaliação da capacidade antioxidante dos extratos obtidos. As extrações foram realizadas em aparelho tipo Soxhlet e em ultrassom, utilizando como solventes a acetona e o etanol. Os resultados mostraram que o maior rendimento no processo de extração (6,02%) foi obtido utilizando o etanol como solvente extrator em sistema do tipo soxhlet. O maior teor de compostos fenólicos (146,15 mg GAE.g$^{-1}$ de extrato) foi encontrado no extrato etanólico obtido em ultrassom. Os extratos etanólicos apresentaram maior atividade antioxidante quando comparados com os extratos obtidos com acetona, apresentando $IC_{50}$ de 0,031 e 0,033 mg.mL$^{-1}$ para os extratos obtidos em ultrassom e soxhlet, respectivamente.*

***Keywords:*** *Ultrassom, Soxhlet, Compostos fenólicos.*

## 1. INTRODUÇÃO

O abacate é uma planta dicotiledônea pertencente à família Lauraceae, e ao gênero *Persea*, que é dividido em dois subgêneros: *Persea* e *Eriodaphne*, sendo o subgênero *Persea americana* o mais estudado. Trata-se de uma frutífera subtropical de alto valor nutritivo e com características funcionais, tanto para a nutrição humana quanto para a produção de cosméticos (KOLLER, 2002; SIBEN, 2012).

Por possuir vitaminas lipossolúveis, que no geral são deficientes em outras frutas, além de alto teor de ácidos graxos ômega, fitosteróis e tocoferóis, o abacate tem sido considerado como um dos principais frutos tropicais (DUARTE et al., 2016). Tesfay et al. (2010) relatam que, as vitaminas solúveis em água, como o ácido ascórbico e as do complexo B, existem em quantidades consideráveis no abacate. Devido a isso, além do seu uso como alimento, o abacate é tradicionalmente utilizado para vários fins medicinais, incluindo hipotensivo, hipoglicêmico e antiviral, e tem sido aplicado no tratamento de úlceras e doenças cardiovasculares (VINHA et al., 2013).

Segundo Kosinska et al. (2012), há uma grande importância na utilização de toda a fruta comercialmente, pois subprodutos na forma de casca e semente não possuem valor comercial, no entanto, apresentam-se com grande quantidade de compostos fenólicos e alta atividade antioxidante se comparado a polpa.

Diversos estudos já demostraram a presença significativa de compostos fenólicos em cascas de frutas, Moo-Huchin et al. (2015), determinou o teor de compostos fenólicos de três frutas tropicais, sendo que seis compostos foram identificados: ácido ferúlico, cafeico, sinápico, gálico, elágico e miricetina, comprovando que as cascas desses frutos podem servir como fontes potencias de antioxidantes.

Figueroa et al. (2018), determinou a fração polar da casca de abacate com o objetivo de identificar os compostos bioativos, como resultado foram encontrados 61 compostos fenólicos, além de outros compostos polares, classificados em 11 famílias, sendo que as mais representativas foram: prociadinas, flavonóis, ácido hidroxibenzóico e hidroxicinâmico.

O conteúdo fenólico e os fitoquímicos antioxidantes presentes na polpa, casca e semente do abacate, foram estudados por Wang et al. (2010), sendo que a maior atividade antioxidante e maior conteúdo fenólico e de procianidinas foram encontrados na casca e semente do fruto. A partir dos resultados obtidos foi possível correlacionar a capacidade antioxidante, com a presença de conteúdo fenólicos e procianidinas.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar o conteúdo de compostos fenólicos presente na casca do abacate *in natura*, a partir de diferentes métodos de extração utilizando etanol e acetona como solventes e avaliar a capacidade antioxidante dos extratos obtidos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os frutos foram adquiridos em mercado local, localizado no município de Erechim-RS no mês de setembro de 2017. As extrações dos compostos fenólicos da casca *in natura* do abacate (Persea sp.) foram realizadas em aparelho tipo soxhlet e em banho de ultrassom (Unique), utilizando como solventes extratores o etanol e a acetona.

Os extratos obtidos por soxhlet, com etanol e acetona, foram conduzidos à temperatura de ebulição de ambos os solventes, sendo para o etanol aproximadamente 78 °C e para a acetona aproximadamente 56 °C, na proporção de 2,5% (m/v) durante um período de 5 horas. A extração em banho ultrassônico foi realizada à temperatura de 30 °C, potência de 132 W, frequência de 40 kHz e na proporção de 10% (m/v), com os solventes etanol e acetona durante 30 minutos.

Os extratos brutos foram centrifugados (MPW Med. Instruments - 351 R), durante 10 minutos em temperatura ambiente e posteriormente concentrados em evaporador rotativo nas temperaturas de ebulição dos respectivos solventes. Após a evaporação dos extratos, os mesmos foram armazenados em dessecador até atingir peso constante e em seguida armazenados sob refrigeração e ao abrigo de luz.

### 2.1 Quantificação de compostos fenólicos totais

A quantificação do teor de compostos fenólicos totais presentes nos extratos foi conduzida de acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocateau (SINGLETON et al., 1999), utilizando-se ácido gálico como padrão.

Os extratos foram diluídos em água em uma proporção de 1:100 (m/v), 0,5 mL dessa amostra foi misturada com 2,5 mL do reagente Folin-Ciocateau 1:10 (v/v) e 2,0 mL carbonato de sódio a 4%, as diluições foram realizadas em triplicata.

As amostras foram armazenadas ao abrigo de luz, durante duas horas e em seguida analisadas em espectrofotômetro (Pró-análise UV-1600 Spectrophotometer) em 740 nm. Os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico (GAE), com base em uma curva de calibração com concentrações de ácido gálico que variaram de 0 a 0,1 $mg.mL^{-1}$.

### 2.2 Determinação da atividade antioxidante dos extratos

A determinação da atividade antioxidante dos extratos foi realizada a partir do método de captura dos radicais livres, com o teste do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) (SACCHETTI et al., 2005).

Para a realização da análise, 1 mL de amostra contendo diluições crescentes em etanol mais 1 mL de DPPH foram incubadas durante 10 minutos. O controle foi feito utilizando 1 mL de etanol juntamente com 1 mL de DPPH. Para o branco foram utilizadas as amostras diluídas sem DPPH.

A porcentagem de captação do radical livre DPPH foi calculada em termos da porcentagem de atividade antioxidante (AA%), conforme a seguinte equação:

$$AA\% = 100 - \{[(Abs._{amostra} - Abs._{branco}) \times 100] \div Abs._{controle}\}$$

*Equação 1*

A determinação foi feita em espectrofotômetro (Pró-análise UV-1600 Spectrophotometer), em comprimento de onda de 515 nm. Após a avaliação da faixa da concentração ideal, calculou-se a concentração de extrato necessária para capturar 50% do radical livre DPPH (IC50) por análise de regressão linear (VANIN et al., 2014).

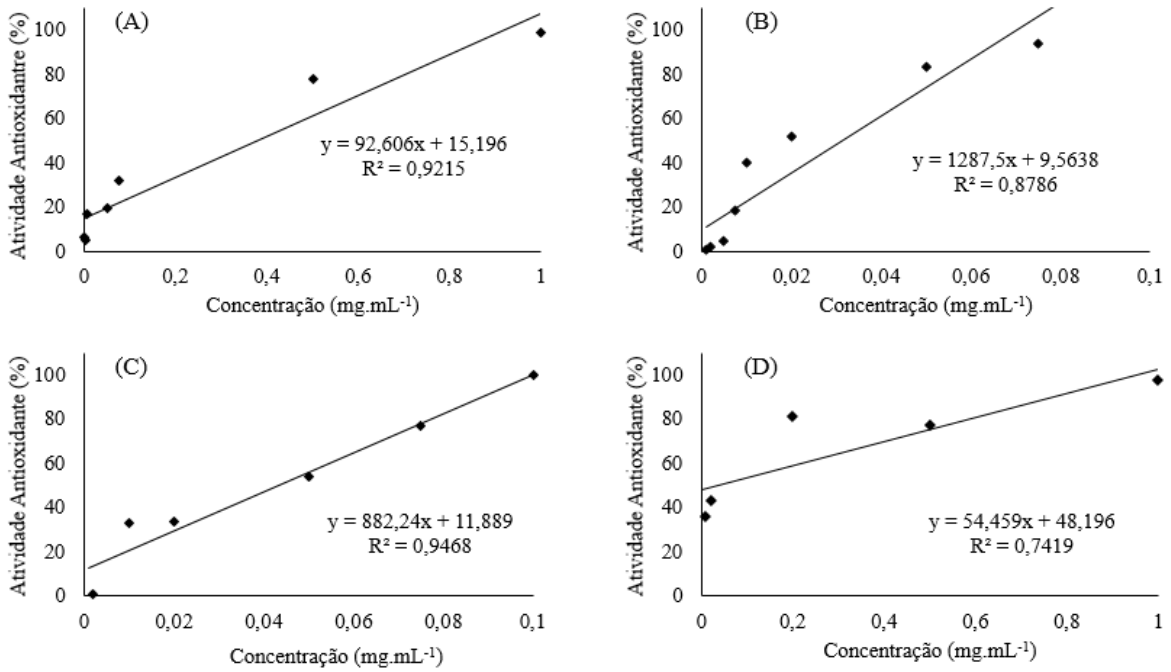
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Quantificação de compostos fenólicos totais e avaliação da atividade antioxidante

Os rendimentos dos extratos da casca *in natura* do abacate (Persea sp.) para a extração em sistema ultrassônico foram de 3,64 e 5,48 % para os solventes etanol e acetona, respectivamente. Enquanto que os rendimentos por extração em aparelho tipo soxhlet para os solventes etanol e acetona foram, respectivamente, 6,02 e 4,94 %.

A correlação entre atividade antioxidante e a concentração de extratos foi obtida da equação da reta, a partir do aumento linear da atividade antioxidante em relação a concentração dos extratos (Figura 1: A, B, C e D).

Figura 1 – Curva de calibração da atividade antioxidante obtida para o extrato da casca do abacate. (A) Ultrassom; solvente: acetona; (B) Ultrassom; solvente: etanol; (C) Soxhlet; solvente: acetona; (D) Soxhlet; solvente: etanol.




Os teores de compostos fenólicos totais encontrados nos extratos e atividades antioxidantes expressa em termos de IC50 estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Compostos fenólicos totais (mg GAE.$g^{-1}$ de extrato) e valores da correlação da atividade antioxidante e concentração dos extratos (IC50 em mg.$mL^{-1}$).

| **Extratos** | | **Compostos Fenólicos totais (mg GAE.$g^{-1}$)** | **Atividade Antioxidante ($IC_{50}$, mg.$mL^{-1}$)** |
|---|---|---|---|
| Ultrassom | Acetona | 95,76 | 0,375 |
| | Etanol | 146,15 | 0,031 |
| Soxhlet | Acetona | 46,07 | 0,043 |
| | Etanol | 33,11 | 0,033 |

A avaliação do teor de compostos fenólicos totais obtidos nos extratos (Tabela 1) mostrou que a maior quantidade desses compostos foi extraída pelo método de extração ultrassônica (146,15 mg GAE.$g^{-1}$ de extrato), utilizando etanol como solvente.

Daiuto et al. (2014), ao avaliar o teor de compostos fenólicos presentes na casca e na semente do abacate da variedade Hass, utilizando método de extração ultrassônico e como solvente etanol:água, encontrou respectivamente os valores de 63,5 e 57,3 mg GAE.$g^{-1}$.

Os compostos fenólicos são substâncias amplamente distribuídas no reino vegetal, em particular nas frutas e em outros vegetais. São conjuntos heterogeneous, que apresentam em sua estrutura vários grupos benzênicos característicos, substituídos por grupamentos hidroxilas (HERNÁNDEZ & PRIETO GONZÁLES, 1999).

Dentre as diversas classes de substâncias antioxidantes de ocorrência natural, os compostos fenólicos têm recebido muita atenção nos últimos anos, sobretudo por inibirem a peroxidação lipídica e a lipooxigenase in vitro (HASLAM, 1996; SOARES, 2002).

O conteúdo de compostos fenólicos, pode variar nas diferentes partes dos frutos. Normalmente na casca, observa-se maior concentração destes compostos provavelmente devido ao acúmulo na epiderme dos frutos, como forma de proteção à radiação ultravioleta e em defesa a determinados patógenos e predadores (DIXON & PAIVA, 1995).

Os teores de compostos fenólicos de oito diferentes cultivares foram avaliados por Wang et al. (2010), onde concluiu que o conteúdo fenólico total presente no abacate aumenta com a maturação dos frutos, isso se deve a presença da enzima fenilalanina amônia liase que está envolvida na via biossintética de compostos fenólicos e a sua atividade aumenta com a produção do etileno.

Abe et al. (2007), ao realizar um estudo para avaliar o teor de compostos fenólicos em diferentes cultivares de uva, presumiu que o perfil de compostos fenólicos nas cultivares avaliadas não depende necessariamente da espécie, sendo mais variável de acordo com a cultivar.

Assim supõe-se que os valores de compostos fenólicos totais encontrados no estudo em questão estão ligados principalmente à variedade a qual o fruto é pertencente e o estágio de maturação do mesmo.

Os compostos fenólicos geralmente estão associados ao mecanismo de adaptação e resistência da planta ao meio ambiente, os mesmos podem influenciar no sabor, nas características tecnológicas, como escurecimento ou precipitação durante o processamento, assim como no potencial nutricional e funcional destas frutas (ROCHA et al., 2011). Além de serem os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos, fazendo destes uma fonte natural de antioxidantes (HEIM et al., 2002).

Segundo Soares et al. (2005 apud VIEITES et al., 2012), os antioxidantes são compostos que atuam inibindo e/ou diminuindo os efeitos desencadeados pelos radicais livres. Algumas características são necessárias para um composto ser considerado um bom antioxidante, como possuir substituintes doadores de elétrons ou de hidrogênio ao radical, em função de seu potencial de redução; ter a capacidade de deslocamento do radical formado em sua estrutura e a de quelar metais de transição implicados no processo oxidativo; e ter acesso ao local de ação, dependendo de sua hidrofilia ou lipofilia e de seu coeficiente de partição (MANACH et al., 2004).

Maior atividade antioxidante foi encontrada nos extratos etanólicos nos dois processos extrativos, sendo que para a extração em sistema ultrassônico obteve-se o IC50 de 0,031 $mg.mL^{-1}$, enquanto que para o extrato obtido em aparelho tipo soxhlet foi de 0,033 $mg.mL^{-1}$.

Em estudos da determinação da atividade antioxidante em extratos da casca, semente e polpa do abacate, utilizando o método de DPPH, Daiuto et al. (2014), obteve respectivamente os seguintes resultados, 310,0 µmol $TE.g^{-1}$, 410,7 µmol $TE.g^{-1}$, 8,1 µmol $TE.g^{-1}$ (TE- equivalente de Trolox). Wang et al. (2010), determinou a atividade antioxidante dos extratos obtidos da casca de oito diferentes cultivares de abacate, onde os valores variaram de 38,0 a 189,8 µmol $TE.g^{-1}$.

Em ambos estudos mencionados anteriormente, os autores fazem uso de curva de calibração de Trolox para expressar os resultados de $IC_{50}$ encontrados, o que dificulta a comparação com os resultados apresentados neste estudo, tendo em vista que a porcentagem de captação do radical livre DPPH foi calculada em termos da porcentagem de atividade antioxidante (AA%), conforme apresentado anteriormente na Equação 1.

Os valores de atividade antioxidante encontrados no presente estudo devem-se principalmente a metodologia de determinação da atividade antioxidante utilizada, tendo em vista que o método de determinação por radicais livres está baseado no descoramento de uma solução púrpura, composta por radicais estáveis DPPH. Conforme o DPPH vai sendo reduzido pelo antioxidante, seu elétron torna-se emparelhado e a absortividade desaparece. Dessa maneira a determinação da atividade antioxidante pode variar por diversas causas, como concentração da amostra e método de determinação, como por exemplo método de sequestro de radicais ou de oxidação lipídica no qual o valor final vai depender da afinidade do antioxidante pelo método utilizado, podendo ser afetado pela polaridade do extrato (DUARTE-ALMEIDA, 2006; CABRAL et al., 2009). O que pode explicar o valor de $IC_{50}$ maior encontrado no extrato obtido em sistema ultrassônico utilizando a acetona como solvente, quando comparados com os valores de $IC_{50}$ obtidos nos outros extratos.

Cabral et al. (2009), estudando a atividade antioxidante da própolis brasileira, verificou que o teste de sequestro do radical DPPH não possuía correlação com atividade antioxidante determinada pelo método de descoloração do β-caroteno, sendo que os autores relacionaram com o fato de que em sistemas lipofílicos as taxas de reações de sequestro podem ser influenciadas pelo coeficiente de partição dos compostos entre as fases aquosa e lipídica.

Assim sendo, a diversidade de condições de ensaio, como por exemplo, temperatura, metodologia de análise, solvente utilizado, tempo de oxidação, gera dificuldades no que diz respeito à interpretação dos resultados e comparação com os dados publicados.

## 4. CONCLUSÃO

Ambos os processos de extração se mostraram eficazes para extração de compostos fenólicos, sendo que o maior teor de compostos fenólicos totais foi encontrado no extrato obtido por banho de ultrassom utilizando como solvente o etanol, temperatura de 30°C e tempo de extração 30 minutos, apresentando 146,15 mg $GAE.g^{-1}$ de extrato. Os melhores resultados de $IC_{50}$ foram também encontrados nos extratos etanólicos nos dois processos de extração, evidenciando a maior ação antioxidante dos compostos presentes nestes extratos além de mostrar um promissor potencial antioxidante para os mesmos.

Por final, conclui-se que devido a presença de compostos biologicamente ativos na casca do abacate, a utilização da mesma, que atualmente é resíduo, pode ser feita com a finalidade de extração desses compostos ativos para que possam ser incorporados em produtos alimentícios ou também utilizados pela indústria farmacêutica.

## 5. REFERÊNCIAS

ABE, L.T.; DA MOTA, R.V.; LAJOLO, M.F.; GENOVESE, M.I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007.

CABRAL, I.S.R.; OLDONI, T.L. C.; PRADO, A.; BEZERRA, R.N.V.; ALENCAR, S.M.; IKEGAKI, M.; ROSALEN, P.L. Composição fenólica, atividade antibacteriana e antioxidante da própolis vermelha brasileira. Química Nova, v. 32, n. 6, p. 1523-1527.

DAIUTO, É.R.; TREMOCOLDI, M.A.; ALENCAR, S.M.; VIEITES, R.L.; MINARELLI, P.H. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 36, n. 2, p. 417-424, 2014.

DIXON, R.A.; PAIVA, N.I. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. The Plant Cell, v. 7, n. 28, p.1085-1097, 1995.

DUARTE-ALMEIDA, J.M.; SANTOS, R.J.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β-caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH•. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 2, n. 26, p. 446-452, 2006.

DUARTE, P.F.; CHAVES, M.A.; BORGES, C.D.; MENDONÇA, C.R.B. Avocado: characteristics, health benefits and uses. Ciência Rural, v. 46, n. 4, p. 747-754, 2016.

FIGUEIROA, J.G.; BORRÁS-LINARES, I.; LOZANO-SÁNCHEZ, J.; SEGURA-CARRETERO, A. Comprehensive identification of bioactive compounds of avocado peel by liquid chromatography coupled to ultra-high-definition accurate-mass QTOF. Food Chemistry, v. 245, p. 707-716, 2018.

HASLAM, E. Natural Polyphenols (Vegetable Tannins) as Drugs: Possible Modes of Action. Journal of Natural Products, v. 59, n. 2, p. 205-215, 1996.

HEIM, K.E.; TAGLIAFERRO, A.R.; BOBOLYA, D.J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. Journal of Nutritional Biochemistry, v. 13, n. 10, p. 572- 584, 2002.

HERNÁNDEZ, A.M.; PRIETO GONZÁLES, E.A. Plantas que contienen polifenoles. Revista Cubana de Investigaciones Biomedica, v. 18, n. 1, p. 12-14, 1999.

KOLLER, O.C. Abacate produção de mudas, instalação, manejo de pomares, colheita e pós-colheita. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002.

KOSINSKA, A. KARAMAĆ, M.; ESTRELLA, I., HERNÁNDEZ, T.; BARTOLOMÉ, B.; DYKES, G. A. Phenolic Compound Profiles and Antioxidant Capacity of *Persea americana* Mill. Peels and Seeds of Two Varieties. Journal of Agriculture and Food Chemistry, v. 60, n. 18, p. 4613−4619, 2012.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ,L. Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MOO-HUCHIN, V.M; MOO-HUCHIN, M.I; ESTRADA-LEÓN, R.J.; CUEVAS-GLÓRIA L.; ESTRADA-MOTA, I.A.; ORTIZ-VÁZQUEZ, E.; BETANCUR-ANCONA, D.; SAURI-DUPLO, E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. Food Chemistry, v. 166, p. 17-22, 2015.

ROCHA, W.S.; LOPES, R.M.; SILVA, D. B.;VIEIRA; R.F.; SILVA, J.P.; AGOSTINI-COSTA, T.S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

SACCHETTI, G.; MAIETTI, S.; MUZZOLI, M.; SCAGLIANTI, M.; MANFREDINI, S.; RADICE, M.; BRUNI, R. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. Food Chemistry, v. 91, n. 4, p. 621-632, 2005.

SIBEN, P. G. Composição fitoquímica das cascas de *Persea major* (MEISN.) L.E.KOPP (Lauraceae), desenvolvimento e avaliação preliminar de fomas farmacêuticas para o uso tópico. 2012. 89 f. Dissertação (Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2012.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteau reagent. Methods of Enzymology, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOARES, D.G.; ANDREAZZA, A.C.; SALVADOR, M. Avaliação de compostos com atividade antioxidante em células da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 41, n. 1, p. 95-100, 2005.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. Revista de Nutrição, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

TESFAY, S.Z.; BERTLING I.; BOWER, J.P. Anti-oxidant levels in various tissues during the maturation of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.).The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, v. 85, n. 2, p. 106-112, 2010.

VANIN, A.B.; ORLANDO, T.; PIAZZA, S.P.; PUTON, B.M.S.; CANSIAN, R.L.; OLIVEIRA, D.; PAROUL, N. Antimicrobial and Antioxidant Activities of Clove Essential Oil and Eugenyl Acetate Produced by Enzymatic Esterification. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 174, n. 4, p. 1286-1298, 2014.

VIETES, R.L.; DAIUTO, E.R.; FUMES, J.G.F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate "Fuerte". Revista Brasileira de Fruticultura, v. 34, n. 2, p. 336-348, 2012.

VINHA, A.F.; MOREIRA, J.; BARREIRA, S.V.P. Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill.). Journal of Agricultural Science, v. 5, n.12, p. 100-109, 2013.

WANG, W.; TERRELL, R.B.; GU, L. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. Food Chemistry, v. 122, p. 1193-1198, 2010.

## 6. RESPONSIBILITY NOTICE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ELABORAÇÃO E ACEITABILIDADE DE BISCOITO TIPO COOKIE A PARTIR DO COPRODUTO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO VINHO

**Patrícia Griep[1*]**
[1]Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
patygriep_@hotmail.com*
**Luana Gayeski[1]**
[1]Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
luanagayeski13@gmail.com
**Bianca Pinto Balestieri[1]**
[1]Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
bianca.balestieri@hotmail.com

***Resumo.*** *A uva (Vitis labrusca) é um dos alimentos mais antigos da humanidade. No Brasil o maior produtor é o estado do Rio Grande do Sul. Boa parte da produção é destinada à vinificação, porém o resíduo gerado equivale a 20% do peso da fruta, e em geral é utilizado na alimentação de animais e adubação. O aproveitamento destes resíduos com o auxílio de tratamentos adequados para obter a farinha do bagaço, permite aumentar a vida útil deste material para emprego na formulação de outros produtos, o que torna possível agregar valor a um coproduto que não é bem aproveitado. Este trabalho teve como objetivo a elaboração de biscoitos com substituições parciais da farinha de trigo por farinha de bagaço de uva produzida a partir do aproveitamento do resíduo da elaboração de vinho, verificar a aceitabilidade sensorial e a intenção de compra. A amostra mais aceita foi a que continha 15% de farinha de casca de uva com uma média de 7,54, índice de aceitação de 83,78%, porém não houve diferença (p<0,05) da amostra com 25% de farinha de casca de uva e obteve os melhores índices de intenção de compra, já que 50% dos julgadores provavelmente compraria e 37% certamente compraria. Desta forma, indicando ser possível a adição de até 25% da farinha de casca de uva em biscoitos tipo cookie.*

***Palavras-chave:*** *Vitis labrusca, Resíduo, Farinha de bagaço, Análise sensorial, Desenvolvimento de Produto.*

## 1. INTRODUÇÃO

A uva é um dos alimentos mais antigos da humanidade (Pereira & Gameiro, 2008), a fruta é produzida pela videira e hoje são conhecidas mais de 10.000 variedades no mundo (Ferrari, 2010).

O cultivo no Brasil começou a partir de 1535, com mudas trazidas pelos portugueses, mas o desenvolvimento da viticultura comercial brasileira somente ocorreu após a chegada de imigrantes italianos e portugueses no século XIX (Pereira & Gameiro, 2008).

Dentre todos os estados brasileiros, o Rio Grande do Sul é o maior produtor de uva, com uma área cultivada correspondente a cerca de 70% do total (Ferrari, 2010). Boa parte da produção do estado é destinada à vinificação, totalizando em média trezentos milhões de litros de vinho e mosto anualmente (Mello, 2014). O resíduo gerado a partir da produção de vinho (bagaço e sementes) equivale a, aproximadamente, 20% do peso da fruta, e em geral é utilizado na alimentação de animais e adubação (Mello, 2014; Diettrich, et al., 2016). Em números, significa dizer que para a produção de 100 litros de vinho, 31,7 kg de resíduos são gerados, dos quais 20 kg são de bagaço da uva (Campos, 2005).

O aproveitamento destes resíduos com o auxílio de tratamentos adequados como a operação de secagem para obter a farinha do bagaço, torna possível aumentar a vida útil deste material para emprego na formulação de outros produtos, como por exemplo em biscoito, produto este que é bem aceito e consumido por pessoas de todas faixas etárias, o que torna possível agregar valor a uma matéria-prima que geralmente não possui um aproveitamento máximo (Perin & Schott, 2011; Deamicini, et al., 2018; Piovesana, et al., 2013).

Além disso, as uvas são consideradas ótimas fontes naturais de antioxidantes e fonte de compostos fenólicos como a luteonina, a quercetina, as procianidinas, os taninos e o resveratrol. Ao comparar variedades de uva, o autor Shirarigue (2008) verificou que a variedade Niágara apresenta maiores teores de compostos fenólicos em relação as outras variedades. Ao falar dos benefícios para saúde humana, os autores Soares et al. (2008) afirmam que alimentos ricos em compostos fenólicos e principalmente em flavonoides, atuam como agentes antioxidantes e contribuem na redução de doenças cardiovasculares, cancerígenas e neurológicas.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo a elaboração de biscoitos com substituições parciais da farinha de trigo por farinha do bagaço da uva produzida a partir do aproveitamento do resíduo da elaboração de vinho, e ainda, verificar a aceitabilidade sensorial e a intenção de compra dos biscoitos obtidos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Amostras

O bagaço de uva fermentado utilizado foi da espécie *Vitis labrusca* e a cultivar Niágara Rosada, sendo este obtido após uma aula prática da disciplina de Processos Tecnológicos, na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI, Erechim), na qual foi fabricado vinho. Os demais ingredientes usados na elaboração do cookie foram adquiridos no comércio local da cidade de Erechim, RS.

### 2.2 Preparo da farinha do resíduo da uva

As amostras do subproduto da uva (bagaço) foram descongeladas em temperatura ambiente e depois distribuídas, em formas cobertas com papel alumínio em camadas finas e submetidas à desidratação por 24 horas em estufa com renovação e circulação de ar (Modelo MA 037, Marconi), com temperatura de 65 ± 2ºC. Para evitar a formação de crostas no material durante a secagem, o mesmo foi periodicamente revolvido na forma de alumínio.

Após a etapa de secagem, os material foi triturado em processador doméstico (Walita) e submetido a tamisação com peneiras de Tyler, utilizando-se aberturas de 9 a 270 mesh.

A farinha pronta foi acondicionada em sacos plásticos e armazenada ao abrigo da luz em temperatura ambiente.

### 2.3 Análise de umidade

A análise de umidade da farinha do bagaço da uva foi realizada de acordo com as normas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), onde inicialmente 1 grama de amostra foi pesada e colocada em cadinhos de alumínio previamente dessecados, que, em seguida foram colocados em estufa de secagem e esterilização Fanem (Modelo 320 SE) com circulação de ar a 105ºC por 3 horas com a realização de medições até que a amostra atingisse peso constante. Para o cálculo do teor de umidade foi utilizada a equação (1).

$$Umidade\ (\%) = \frac{100 \cdot N}{P} \qquad (1)$$

Onde, N é o número de gramas de umidade (perda de massa em g) e P é o número de gramas da amostra.

### 2.4 Aplicação tecnológica da farinha

Os biscoitos foram elaborados realizando substituições de 5, 15 e 25% (m/m) da quantidade de farinha de trigo pela farinha do bagaço da uva elaborada após vários testes preliminares, até a adequação dos níveis mínimos e máximos a serem utilizados nas formulações finais, que se encontram descritas na Tab.1. As formulações dos biscoitos com diferentes percentuais de substituição da farinha de trigo por farinha de bagaço de uva foram denominadas A, B e C.

**Tabela 1.** Formulação dos biscoitos tipo cookie.

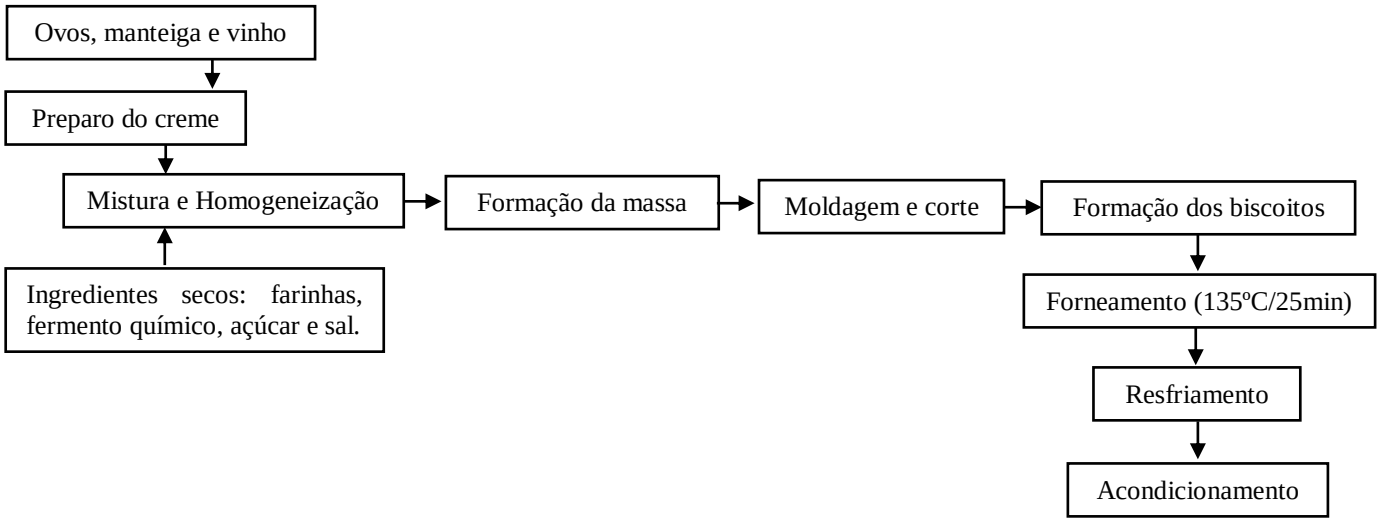
| INGREDIENTES (g) | Tipo de formulação | | |
|---|---|---|---|
| | **A (5%)** | **B (15%)** | **C (25%)** |
| Farinha de trigo comercial (m/m) | 256,5 | 229,5 | 202,5 |
| Farinha do bagaço (m/m) | 13,5 | 40,5 | 67,5 |
| Ovo (m/m) | 4 | 4 | 4 |
| Açúcar cristal (m/m) | 160 | 160 | 160 |
| Fermento químico em pó (m/m) | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Manteiga (m/m) | 84 | 84 | 84 |
| Vinho (v/m) | 27 | 27 | 27 |
| Sal refinado (m/m) | 0,3 | 0,3 | 0,3 |

Fonte: Os autores (2018).

Os biscoitos foram processados manualmente seguindo a Figura 1. Inicialmente foi formado um creme homogêneo com o ovo, a manteiga e o vinho. Em seguida, os ingredientes secos (farinha de trigo, farinha de bagaço, açúcar, fermento químico em pó, sal) foram misturados até obtenção de uma massa contínua. A massa foi moldada, esticada e cortada com auxílio de um cortador em formato circular.

Os cookies foram assados em formas de alumínio em forno (Forno Turbo Prp-5000) a 135°C por 25 minutos. Após, foram resfriados à temperatura ambiente e embalados em sacos de polietileno, até o momento da análise sensorial.

**Figura 1**. Fluxograma das etapas da elaboração dos biscoitos incorporados com a farinha de bagaço de uva.




Fonte: Os autores (2018).

### 2.5 Avaliação sensorial

Os biscoitos foram avaliados sensorialmente quanto à aceitação global e à intenção de compra em laboratório de Análise Sensorial do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, campus Erechim, por 41 provadores não treinados, consumidores de biscoitos, funcionários e alunos da universidade, com idade entre 19 e 55 anos (de ambos os gêneros), por meio de teste afetivo de aceitabilidade (Escala hedônica e intenção de compra).

O teste Escala Hedônica de 9 pontos é o mais amplamente utilizado para estudos de preferência de alimentos com adultos. Se enquadra na categoria dos testes qualitativos, os quais avaliam a resposta de um grande grupo de consumidores e determinam aceitabilidade global de um produto (Dutcosky, 2013).

As amostras foram codificadas aleatoriamente com números de 3 algarismos e dispostas em ordens diferentes a cada julgador, ou seja, fazendo-se distribuição balanceada. Antes de fazerem a análise, os participantes receberam um termo de consentimento.

Para a avaliação, cada provador recebeu 3 amostras de biscoito tipo cookie, em temperatura ambiente e uma ficha de avaliação contendo uma escala de 9 pontos, 1 (desgostei muitíssimo) até 9 (gostei muitíssimo), e o teste de intenção de compra com escala de 5 pontos, 1 (certamente não compraria) até 5 (certamente compraria), a qual está apresentada no. Além disso, foram instruídos a provarem as amostras da esquerda para direita e utilizarem a água como branco, ou seja, lavar o palato do sabor residual entre uma amostra e outra.

### 2.6. Análise estatística

Os resultados obtidos na avaliação sensorial foram analisados estatisticamente por Análise de Variância (ANOVA) utilizando-se o Excel (2010) e foi aplicado o teste Tukey no nível de 5% de significância, para comparação entre as médias e pelo histograma de frequência.

O índice de aceitação foi calculado baseando-se nas médias obtidas das amostras, segundo a Equação 2, sendo “A” a nota média obtida para o produto e “B” a nota máxima da escala utilizada (9 – gostei muitíssimo).

$$IA\ (\%) = A \times \frac{100}{B} \qquad (2)$$

A aceitação geral obtida pelo histograma de frequência levando em consideração as pontuações da escala de aceitação (6 a 9). E a intenção de compra foi analisada estatisticamente pela ANOVA, aplicando-se o teste de Tukey e histograma de frequência.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A farinha do bagaço de uva possuía uma granulometria média de 0,55 mm e umidade de 6,38%. A legislação não estabelece valores deste parâmetro para farinha de uva. Porém farinhas em geral de outras origens, como por exemplo,

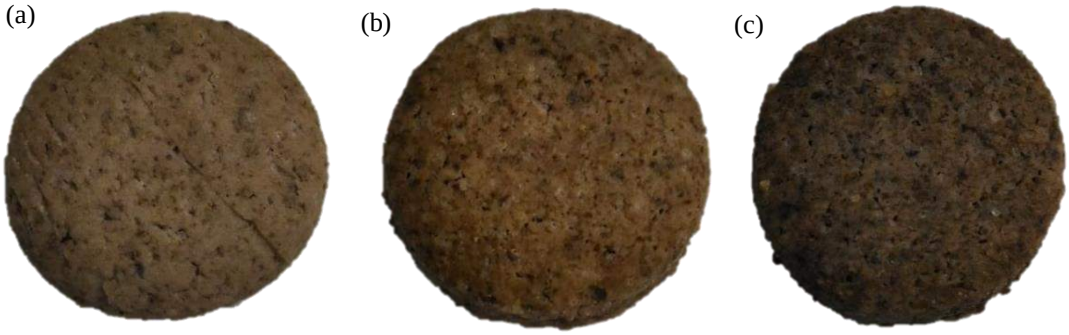
trigo, milho, alfarroba, dentre outras, ela preconiza um valor máximo de até 15% (Brasil, 2005), pode-se verificar que a farinha elaborada apresentou-se dentro dos padrões estabelecidos.

Ao comparar com estudos semelhantes, Oliveira, Veloso, Teran-Ortiz (2009), obtiveram valores de umidade em farinha de semente e casca de uva de 7,50%. Já os autores Perin e Schott (2011) obtiveram um teor de umidade da farinha do bagaço de uva de 3,82%.

Portanto, o valor encontrado no estudo em questão está entre os valores encontrados na literatura. Este parâmetro pode ser influenciado por vários fatores como a cultivar, condições de manejo que a uva recebe, e os processos tecnológicos empregados para secagem e obtenção da farinha.

A Figura 2 apresenta imagens dos biscoitos tipo cookie prontos em suas diferentes formulações. Através da figura é possível notar coloração mais escura, á medida que aumentou-se a adição da farinha de bagaço de uva, que apresenta uma concentração expressiva de pigmentos antociânicos. Romero et al. (2004) também observaram coloração escura mais intensa em biscoitos formulados com percentuais de 7,5 e 10% de bagaço de uva.

**Figura 2**. Biscoitos com farinha de bagaço de uva.




Legenda: Proporção de farinhas trigo: bagaço de uva. (a) formulação A (95:5); (b) formulação B (85:15); (c) formulação C (75:25).
Fonte: Os autores (2018).

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para as médias do teste de aceitação das 3 formulações dos biscoitos e pode-se verificar que as formulações estudadas não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$). Porém, os resultados demonstram que a formulação "A", com menor percentual de substituição da farinha de trigo por farinha de bagaço de uva (95:5) foi a menos aceita. O maior valor para o índice de aceitação foi de 83,78% correspondendo a formulação B que teve a farinha de trigo substituída pela farinha do bagaço de uva em 15%. Este resultado sugere que é possível realizar a substituição da farinha de trigo por maiores concentrações de farinha do bagaço de uva (25% m/m).

**Tabela 2**. Médias do teste de aceitação e índice de aceitação das amostras de diferentes formulações de biscoitos tipo cookie com percentuais de farinhas de trigo e bagaço de uva em A (95:5), B (85:15) e C (75:25).

| FORMULAÇÃO | Médias | Índice de Aceitação (%) |
|---|---|---|
| A | 7,00ª | 77,78 |
| B | 7,54ª | 83,78 |
| C | 7,12ª | 79,11 |

Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Os autores, 2018.

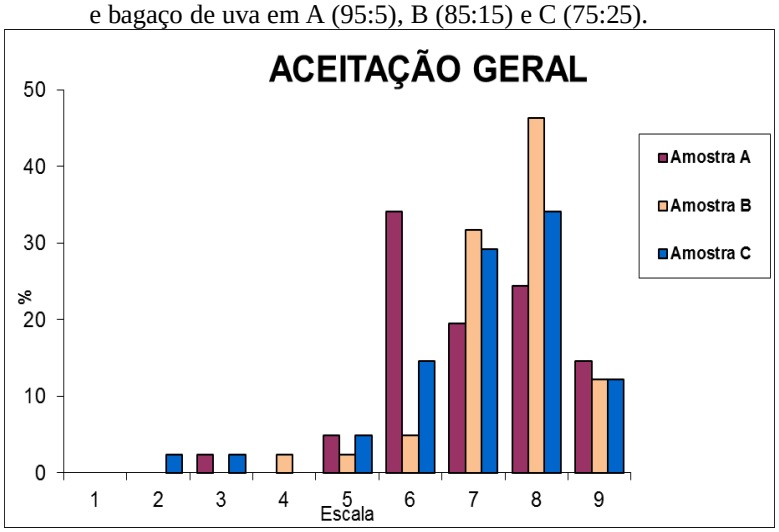
Osuna et al. (2004) avaliaram sensorialmente biscoitos elaborados com substituições da farinha pelo bagaço de uva entre 0 e 6,33%, usando 40 julgadores não treinados e escala hedônica de 9 pontos, e não observaram diferenças significativas, concluindo que há a possibilidade de utilização do bagaço de uva para a elaboração de biscoitos com aceitáveis características sensoriais.

Em outro estudo, Romero et al. (2004) elaboraram biscoitos com adição de bagaço de uva em até 10% e também concluíram que a adição de bagaço de uva como ingrediente para a fabricação de biscoitos tipo cookies proporciona um produto com alto teor de fibras e atributos sensoriais aceitáveis.

De acordo com Fasolin et al. (2007), outros trabalhos realizados com diferentes tipos de biscoitos têm demonstrado forte tendência das indústrias e de trabalhos de pesquisa em promover o enriquecimento de biscoitos. Segundo Santucci et al. (2003), a mistura de farinhas não convencionais com a farinha de trigo melhora a qualidade nutricional de biscoitos e pode até melhorar sua palatabilidade, tornando-os mais aceitos pelos consumidores.

A aceitação geral dos biscoitos é apresentada na Figura 3, indicando que a amostra B (85:15) foi a melhor classificada, obtendo aproximadamente 46% de aceitação geral no critério 8 (gostei muito). Ao somar o critério 7,8 e 9, a formulação B apresentou um valor de aceitação geral, acima de 80%.

**Figura 3**. Aceitação geral dos biscoitos tipo cookie com percentuais de farinhas de trigo e bagaço de uva em A (95:5), B (85:15) e C (75:25).




Fonte: Os autores (2018).

Para o teste de intenção de compra, os resultados obtidos não diferiram significativamente ($p<0,05$) pelos julgadores, conforme pode ser observado na Tab. 3.

**Tabela 3**. Intenção de compra para diferentes formulações de biscoitos com percentuais de farinhas de trigo e bagaço de uva em A (95:5), B (85:15) e C (75:25).

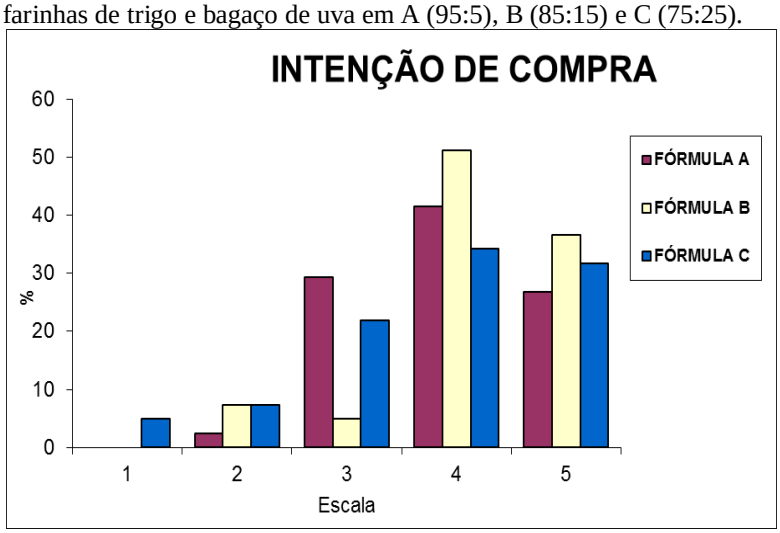
| FORMULAÇÃO | Médias |
|---|---|
| A | 3,93[a] |
| B | 4,17[a] |
| C | 3,80[a] |

Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Os autores (2018).

Conforme as médias demonstradas na Tabela 3, os biscoitos apresentaram aceitável intenção de compra pelos julgadores, pois as médias das notas ficaram entre 3,93 e 4,17, representando as escalas ‘não sei se compraria ou não’ e ‘provavelmente compraria’, respectivamente.

A Figura 4 apresenta o índice de intenção de compra para as 3 formulações. Pode-se concluir que a amostra B tem os melhores índices de intenção de compra, já que 50% dos julgadores provavelmente compraria (4) e 37% certamente compraria (5).

**Figura 4**. Índices de intenção de compra para diferentes formulações de biscoitos com percentuais de farinhas de trigo e bagaço de uva em A (95:5), B (85:15) e C (75:25).




Fonte: Os autores (2018).

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que é possível realizar a substituição da farinha de trigo pela farinha de bagaço de uva na elaboração de biscoitos com aceitáveis características sensoriais e intenção de compra.

## 4. CONCLUSÃO

O estudo realizado demonstrou que os biscoitos elaborados com substituição de até 25% da farinha de trigo por farinha de bagaço de uva obtiveram uma boa aceitabilidade, demonstrando, assim, que é possível utilizar matérias-primas de baixo valor agregado, disponibilizando uma nova opção de produto saudável. Os produtos desenvolvidos apresentaram propriedades sensoriais aceitáveis e demonstraram que os níveis de substituição usados neste estudo foram aceitos pelos julgadores, sendo um produto com aceitação comercial satisfatória (>70%).

Estes resultados permitem vislumbrar o potencial de aproveitamento do bagaço de uva para o desenvolvimento de biscoitos a partir da farinha obtida deste, constituindo uma nova proposta para seu reaproveitamento, tanto em termos econômicos quanto sustentáveis, pois as grandes quantidades de resíduos gerados pelas vinícolas apresentam sérios problemas de armazenagem ou eliminação.

## 5. REFERÊNCIAS

BRASIL. Resolução RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005. *Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, constantes do anexo desta Portaria.* Diário Oficial União, Brasília, 2005.

CAMPOS, L. *Obtenção e extratos de bagaço de uva Cambernet Sauvingnon (Vitis Vinifera): parâmetros de processo e moldagem matemática*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC., 2005

DEAMICINI, K. M. et al. Development of cookies from agroindustrial by-products. *Revista Brasileira de Fruticultura.* Jaboticabal, v. 40, n., 2018.

DIETTRICH, L. et al. *Elaboração de Biscoito Integral tipo Cookie a partir de Farinha de Bagaço de Uva*. XXV Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos. Gramado, RS, 2016.

DUTCOSKY, S. D. *Análise Sensorial de Alimentos.* 4. Ed., Champagnat: Curitiba, 2013.

FASOLIN, L. H., et al. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007. Disponível em: <http:// dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000300016>. Acesso em: Jul. 2017.

FERRARI, V. *A sustentabilidade da vitivinicultura através de seus próprios resíduos*. 2010, 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) Universidade de Caxias do sul, 2010.

MELLO, L. M. R., SILVA, G. A. (2014). *Comunicado técnico: disponibilidade e características de resíduos provenientes da agroindústria de processamento de uva do Rio Grande do Sul. Embrapa*. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104074/1/Comunicado-Tecnico-155.pdf>. Acesso em: 10jun. 2018.

OLIVEIRA, L. T.; VELOSO, J. C. R.; TERANORTIZ, G. P. *Caracterização físicoquimica da farinha de semente e casca de uva*. II Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG campus Bambuí e II Jornada Científica. 2009.

OSUNA, A. I. L. et al. *Elaboration of grape pomace cookies*. In: Institute of Food Technologists - Ift Annual Meeting, 2004, Las Vegas. 2004.

PEREIRA, E. P.; GAMEIRO, A. H. *Sistema agroindustrial da uva no Brasil: arranjos governanças e transações.* Sober, XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. São Paulo. 2008. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/590.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

PERIN, E. C.; SCHOTT, I. B. *Utilização de Farinha Extraída de Resíduos de Uva na Elaboração de Biscoito Tipo Cookie*. Monografia (Graduação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, 2011.

PIOVESANA, A., et al. Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva. *Brazilian Journal of Food Technology.* Campinas, v. 16, n. 1, p. 68-72, jan./mar. 2013.

ROMERO, R. C et al. Characterization of cookies made with deseeded grape pomace. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, Caracas, v. 54, n. 1, p. 93-94, 2004.

SANTUCCI, M. C. C., et al. Efeito do enriquecimento de biscoitos tipo água e sal com extrato de levedura Saccharomyces sp.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 23, n. 3, p. 441-446, 2003. Disponível em: <http:// dx.doi.org/10.1590/S0101-20612003000300025>. Acesso em: Jul. 2017.

SHIRARIGUE, L.D. *Caracterização química de extratos de sementes e cascas de uva e seus efeitos antioxidante sobre carne de frango processada e armazenada sob refrigeração*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

SOARES, M. et al. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 1, p. 059-064, mar. 2008.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# OBTENÇÃO DE EXTRATO DE RESÍDUO DE MIRTILO (*Vaccinium* sp.) POR MÉTODO DE ULTRASSOM E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS FENÓLICOS

**Patrícia Griep**[1]
[1]Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
patygriep_@hotmail.com*

**Janaine Ferreira**
Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
jferreira@senacrs.com.br

**Ilizandra Aparecida Fernandes**
Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
ilizandrafernandes@yahoo.com.br

**Bruno Fischer**
Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
bruno.fischer.com@hotmail.com

**Geciane Toniazzo Backes**
Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
gtoniazzo@uricer.edu.br

**Alexander Junges**
Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
junges@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O processamento do mirtilo (*Vaccinium *sp.) gera subprodutos residuais, como cascas, sementes e caules, ricos em compostos bioativos e antioxidantes, sendo de grande interesse a destinação destes resíduos para o desenvolvimento de tecnologias capazes de melhorar as características do produto. O objetivo deste trabalho foi obter extrato bioativo do resíduo do processamento do mirtilo por método de ultrassom e avaliar atividade antioxidante e teor de compostos fenólicos presentes. Os resultados obtidos foram satisfatórios, sendo que o rendimento da extração por método de ultrassom foi de 20,7%, os valores de* $EC_{50}$ *durante o acompanhamento da atividade antioxidante variaram de 0,113 a 0,163 mg/mL e o teor de compostos fenólicos médio foi de 58,18 mg equivalentes de ácido gálico/g.*

***Palavras-chave:*** *mirtilo, extração, atividade antioxidante, compostos fenólicos.*

## 1. INTRODUÇÃO

O mirtilo (*Vaccinium* sp.) é uma cultura que até pouco tempo atrás era desconhecida por muitos produtores e consumidores. Com a crescente demanda por produtos que ofereçam alto valor nutricional e benefícios à saúde, a fruta vem tornando-se cada vez mais popular, pois é rica em antocianinas, tem alto poder antioxidante, ação preventiva contra certas patologias, além de apresentar sabor e cor singulares (Kechinski, 2011; Reque, 2012).

No Brasil, o consumo da fruta *in natura* ainda é baixo, sendo que boa parte da produção é destinada para a obtenção de iogurtes, geleias, compotas, vinhos e sucos. Esse processamento gera subprodutos residuais como cascas, sementes e caules, os quais são ricos em compostos como polifenóis e antocianinas (Jesus, 2013; Zardo, 2014).

Face à composição rica em compostos bioativos e antioxidantes, o aproveitamento do resíduo possibilita a valorização de um produto considerado sem valor comercial e é uma escolha viável para resolver o problema da eliminação dos resíduos no meio ambiente e aumentar a vida útil de alimentos perecíveis (Caldas, 2014).

Dentre os compostos com atividade antioxidante presente em frutos, os fenólicos merecem destaque, pois apresentam capacidade de inativação dos radicais livres devido à presença de grupamentos hidroxilas (-OH) que podem

se ligar aos radicais livres presentes no organismo, impedindo sua ação (Severo, 2009; Damodaran; Parkin; Fennema, 2010).

Presentes também em grandes quantidades no mirtilo estão as antocianinas, compostos antioxidantes, pertencentes ao grupo dos flavonoides, que conferem coloração à fruta e encontram-se principalmente na casca. Dentre as quais malvidina, delfinidina, petunidina, peonidina e cianidina incluem-se nesse grupo (Severo, 2009; Carreira, 2012).

A composição rica em compostos fenólicos e atividade antioxidante têm influenciado o aumento das áreas cultivadas frente à crescente demanda dos consumidores. Consequentemente as pesquisas sobre as propriedades dos extratos da fruta e dos subprodutos industriais têm sido promissoras no que diz respeito à presença de atividade antioxidante a partir de diferentes extrações e aplicações.

Sendo assim, diversas metodologias de extração e tipos de solvente têm sido avaliadas para a obtenção destes compostos. Dentre elas a extração assistida por ultrassom, que apresenta vantagens como alta eficiência, menor tempo de extração e volume de solvente, possibilidade de utilização em diferentes tamanhos de amostra e temperaturas que não danifiquem o extrato, além do baixo custo de operação (Piovesan, 2016).

Diante do exposto acima, o objetivo deste trabalho foi extrair os compostos bioativos do resíduo do processamento de mirtilo por método de ultrassom assistido, determinar e acompanhar a atividade antioxidante do extrato e quantificar os compostos fenólicos totais presentes no extrato.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido nos laboratórios do Curso de Engenharia de Alimentos, do Departamento de Ciências Agrárias, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, Campus I.

O trabalho foi realizado em 2 etapas: extração dos compostos bioativos do resíduo do mirtilo de acordo com metodologia da literatura, determinação do rendimento do extrato, da atividade antioxidante e dos compostos fenólicos.

### 2.1 Obtenção dos extratos e cálculo do rendimento

Para a obtenção dos extratos, o resíduo de mirtilo foi cedido por uma empresa produtora de sucos da região, o qual era composto por sementes, polpa e as cascas da fruta. O material foi conservado sob temperatura de -18ºC, até a realização da extração dos compostos de interesse.

A técnica de extração empregada foi fundamentada na metodologia apresentada por Piovesan (2016) com algumas adaptações. A amostra do resíduo foi seca em estufa de secagem e esterilização Fanem Modelo 320 SE com circulação de ar em uma temperatura de 40ºC ±2ºC até peso constante. Em seguida, a amostra foi moída em moinho de fluxo contínuo para grãos e materiais secos modelo Marconi MA 340, após as amostras foram pesadas e avaliou-se o rendimento em base úmida e base seca.

Para obtenção dos extratos, pesou-se a amostra em erlenmeyer envolto em papel alumínio ao qual foi adicionado solvente hidroetanólico com concentração de 60 %, na proporção de 1:10 m/v. Conduziu-se a extração utilizando-se uma lavadora ultrassônica (Unique UltraSonic Cleaner) durante 25 min. 30ºC e 80 W de potência para a obtenção do extrato.

Concluída esta etapa, os extratos foram filtrados em filtro com bomba de vácuo (Prismatec 131) para separação dos líquidos (extrato e solvente) e sólidos (resíduo do mirtilo). Posteriormente a fração líquida foi colocada em frascos de vidro e levados para a estufa com temperatura de 40ºC por 24 horas para evaporar o etanol a fim de facilitar o processo de remoção da água em liofilizador (Modelo Edwards).

Para concentrar a amostra e avaliar o rendimento depois da secagem em estufa, os frascos foram congelados em freezer com temperatura de -80ºC para então serem encaminhados para o equipamento de liofilização (Modelo Edwards), onde permaneceram por aproximadamente 3 dias. Ao término, as amostras foram pesadas e calculou-se o rendimento mássico de acordo com Equação 1.

$$R\% = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100 \quad (1)$$

Onde, R % é o rendimento mássico em porcentagem, o Mi é massa de bagaço seco alimentado no tempo inicial da extração e Mf é a massa final seca obtida após a extração.

### 2.2 Determinação da atividade antioxidante do extrato

A metodologia para avaliar a atividade antioxidante do extrato foi baseada em Brand-Williams, Cuveliere e Berset (1995), adaptada por Piovesan (2016), sendo que foram realizadas modificações decorrentes do tipo de solvente utilizado na extração. A análise é baseada no sequestro do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazil), que pode ser expresso usando curva padrão com antioxidante sintético, Trolox ou através de equações. Sendo assim, soluções contendo concentrações crescentes dos extratos foram incubadas em uma solução etanólica de DPPH (2,2-difenil-1-

picrihidrazil) 0,1 mM por 30 min. e na ausência de luz. Uma amostra controle foi feita com solução etanólica de DPPH e etanol em substituição do extrato e como branco foi utilizado o etanol.

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Spectrophotometer UV-1600) com comprimento de 515 nm e a capacidade de sequestrar radical livre foi calculada conforme a Equação 2.

$$AA\% = 100 - \frac{ABS\ amostra - ABS\ branco}{ABS\ controle} * 100 \quad (2)$$

Onde, $ABS_{amostra}$ é a amostra mais 1 µL de etanol, $ABS_{branco}$ corresponde a etanol e $ABS_{controle}$ é 1 µL de etanol mais 1 µL de DPPH.

Ainda, segundo metodologia de Ugalde (2014), a concentração necessária para capturar 50 % do radical livre DPPH ($EC_{50}$) foi calculada a partir da regressão linear dos pontos plotados graficamente. Para a obtenção do gráfico foram utilizados os valores das médias obtidas das triplicatas realizadas para cada concentração. A análise da atividade antioxidante do extrato foi realizada em intervalos de 7 dias, durante 5 semanas, todas desenvolvidas em triplicata.

### 2.3 Determinação de compostos fenólicos totais do extrato

O teor de fenólicos totais foi fundamentado no método de Folin-Ciocalteau descrito por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventos (1999) adaptado por Piovesan (2016). As soluções de extrato previamente diluídas foram misturadas com solução aquosa do reativo de Folin-Ciocalteau (diluição 1:10, v/v), e na sequência adicionou-se carbonato de cálcio ($Na_2CO_3$) 4 % (m/v). Os tubos foram incubados durante 2 horas em local escuro e temperatura ambiente.

Mediu-se a absorbância em espectrofotômetro (Spectrophotometer UV-1600) a 740 nm e os resultados do teor de compostos fenólicos totais são expressos como equivalentes de ácido gálico (mg AG/g), calculados por meio de uma curva padrão (Figura 1) construída com concentrações entre 2 e 100 µg/mL.

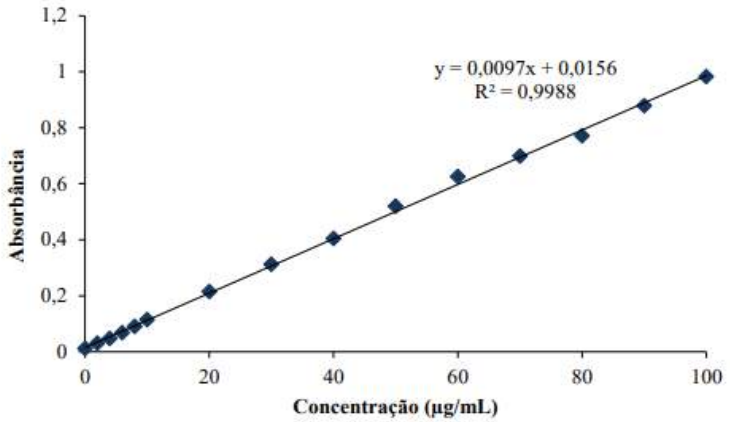



Figura 1. Curva padrão de ácido gálico. Fonte: Os autores (2018).

Os valores obtidos foram analisados em triplica e foram discutidos a partir de comparações com dados da literatura.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Rendimento do Extrato de Resíduo de Mirtilo

O rendimento médio obtido ao utilizar massa inicial de 10 g de resíduo seco do bagaço de mirtilo para a extração foi igual a 2,072 g de massa final, equivalente a um rendimento percentual de 20,72 %.

Bruni et al. (2014) ao aplicar o método de ultrassom para a extração de óleos de sementes de uvas provenientes de rejeitos do processo vinícola, obtiveram um rendimento de 15,15 % para condições de extração de 40 kHz e potência de 154 W, durante 30 minutos, usando 10 g de massa inicial. Já, Souza (2015), extraiu compostos bioativos e pectina da casca de maracujá utilizando ultrassom, alcançou um rendimento de 29,27 % para a relação etanol/água de 60:40 (v/v). Benelli (2010), extraiu bioativos do bagaço de laranja comparando diferentes métodos de extração, dentre eles o ultrassom, e para a relação etanol/água atingiu um rendimento global de 23 %.

Sendo assim, nas condições experimentais de extração por método de ultrassom assistida, usando solvente hidroetanólico (60 %), com 80 W durante 25 min. em temperatura de 30ºC o rendimento médio de 20,7 % em relação a massa de bagaço seco inicial pode ser considerado satisfatório. Ainda, pode-se afirmar que o valor obtido é similar com outros estudos encontrados na literatura.

### 3.2 Atividade antioxidante do extrato

Os valores do $EC_{50}$ referentes ao acompanhamento da atividade antioxidante durante 5 semanas e em intervalos de 7 dias foram expressos a partir da regressão linear dos pontos obtidos nas leituras em espectrofotômetros e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de $EC_{50}$ do extrato hidroetanólico do bagaço de mirtilo.

| Tempo (dias) | Média $EC_{50}$ (mg/mL) |
|---|---|
| 1 | $0{,}138^{ab}$±0,009 |
| 7 | $0{,}163^{a}$ ±0,015 |
| 14 | $0{,}144^{ab}$ ±0,007 |
| 21 | $0{,}113^{b}$ ±0,011 |
| 28 | $0{,}120^{b}$ ±0,009 |

Médias seguidas de letras iguais indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (Teste de Tukey).
Fonte: Os autores (2018).

Com base no acompanhamento da atividade antioxidante do extrato do resíduo de mirtilo, tendo como referência o $EC_{50}$, observou-se que houveram diferenças significativas a nível de 5 % entre os dias avaliados. De maneira que, o tempo de 7 dias apresentou a maior média comparado com os demais e diferiu significativamente em relação aos 21 e 28 dias, mas não houve diferença significativa em relação aos tempos 1 e 14 dias.

Em relação aos demais tempos avaliados, observou-se que não houve diferença significativa, ou seja, o $EC_{50}$ não sofreu alterações significativas ao longo do tempo, indicando que pode-se expressar os valores de $EC_{50}$ como satisfatórios. Já que, de acordo com Piovesan (2016), extratos com valores de $EC_{50}$ superiores a 25 mg/mL são considerados com baixo poder antioxidante.

Os valores de $EC_{50}$ obtidos podem estar relacionados com o método de extração, pois os resultados das atividades antioxidantes estão relacionados ao conteúdo de compostos bioativos, que por sua vez é influenciado pelas espécies e cultivares das plantas de estudo e fontes de variação da extração, como concentração de solvente, tempo, potência e temperatura (Piovesan, 2016).

A Figura 2 apresenta os valores médios das curvas de percentual de atividade antioxidante em relação a concentração, obtidas para cada um dos tempos avaliados. Conforme a Figura 2, é possível observar que mesmo em baixas concentrações o extrato apresentou bom percentual de captura dos radicais de DPPH. Para Melo et al. (2008) os extratos de frutas com percentual antioxidante acima de 70 %, entre 50 e 70 % e abaixo de 50 % são considerados respectivamente, com alto, moderado e baixo poder de sequestro.

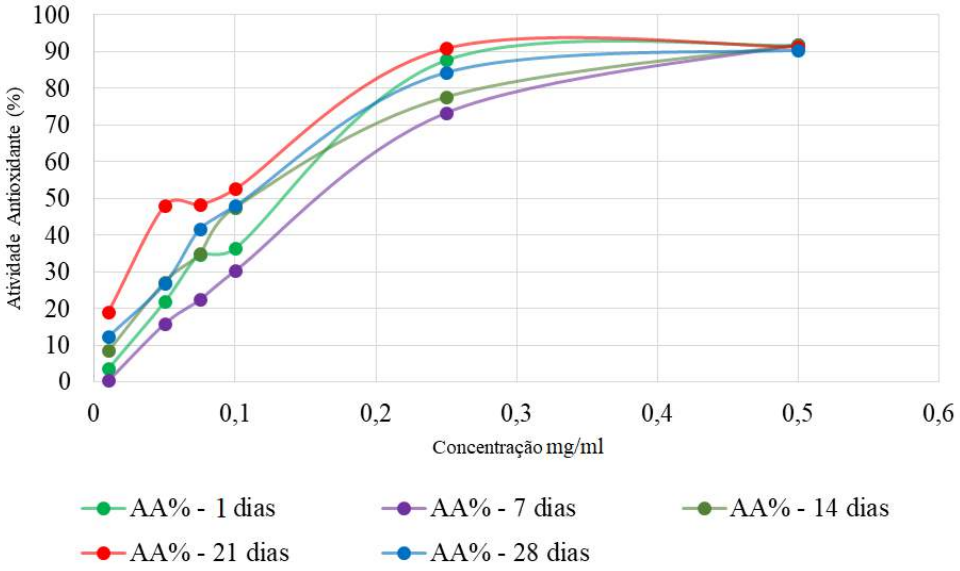



Figura 2. Atividade Antioxidante do extrato de resíduo seco de mirtilo armazenado por 28 dias. Fonte: Os autores (2018).

No estudo desenvolvido por Broinizi et al. (2007), o extrato aquoso e etanólico de bagaço do pedúnculo do caju, nas concentrações de 0,25 e 0,50 mg exibiram capacidade de sequestro do radical DPPH superior a 80 %, enquanto que na concentração de 0,125 mg esta ação foi de 54 e 57 %, respectivamente. Já para Cruz (2016) que avaliou o potencial antioxidante de extratos obtidos da semente do *Butia catarinenses* obteve, pelo método de ultrassom utilizando um extrato hidroetanólico (1:1 v/v), um $EC_{50}$ de 0,615 mg/mL.

Piovesan (2016), usando condições similares ao que foi desenvolvido neste estudo, o resultado obtido para o $EC_{50}$ da polpa do mirtilo, pelo método de ultrassom, foi igual a 6,81 mg/mL. Para Sousa, Vieira e Lima (2011), que avaliaram os fenólicos totais e a atividade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas de frutas tropicais, obtiveram $EC_{50}$ para goiaba igual a 0,142 mg/mL, acerola igual a 0,308 mg/mL, graviola igual a 0,612 mg/mL e de cupuaçu igual a 0,554 mg/mL.

Mediante tais resultados o resíduo do bagaço de mirtilo pode ser considerado uma fonte promissora de antioxidantes naturais, podendo ser utilizado como ingrediente na formulação de alimentos industrializados e em embalagens ativas.

### 3.3 Compostos fenólicos totais presentes no extrato

Dado que a capacidade antioxidante está associada aos teores de compostos fenólicos das amostras analisadas, os resultados do teor de compostos fenólicos totais foram calculados por meio de curva padrão, de maneira que o extrato foi analisado em triplicata e o valor médio obtido foi igual a 58,18 mg equivalentes de ácido gálico por grama de extrato.

Piovesan (2016) avaliou compostos fenólicos totais de extratos de mirtilo obtidos por meio de ultrassom, utilizando relações de etanol/água de 60:40 e 80:20 durante 20 min. e obteve valores iguais a 118,13 mg GAE/g de fruta fresca e 78,51 mg GAE/g, respectivamente. Em outro estudo, realizado por Caldas (2014), a partir de extração convencional do bagaço do mirtilo o teor de compostos fenólicos máximo, obtido a partir da mistura de extratores de 50 % etanol e 50 % água, foi equivalente a 25,3 mg de ácido gálico/g de bagaço de mirtilo.

Comparando o teor de compostos fenólicos determinado na análise com estes dois estudos, observa-se que o valor encontrado é intermediário a estes resultados. Em relação ao estudo de Piovesan (2016), a extração por ultrassom é comum, todavia a amostra difere, já que utilizaram o mirtilo fresco, de maneira que os resultados são superiores. E quando analisado o teor de compostos fenólicos do bagaço de mirtilo apresentado por Caldas (2014), o valor no presente estudo é muito superior, haja vista que os processos de extração foram distintos.

Rosa (2017), apresentou valores de compostos fenólicos para o extrato de mirtilo fresco entre 6,01 e 16,91 mg de EAG/g de amostra, enquanto que Pertuzatti et al. (2014), avaliando diversas variedades de mirtilo, identificaram teores de compostos fenólicos variando de 1,622 a 3,457 mg EAG/g de amostra.

Os diferentes resultados encontrados na literatura e comparados com o teor de compostos fenólicos determinado neste estudo, corroboram com Paes (2016) e Piovesan (2016), que afirmam que muitos fatores podem influenciar na extração de compostos fenólicos com propriedades bioativas, como a metodologia de extração, a estrutura da matriz vegetal, o tamanho das partículas, solvente e proporção dos extratores, o tempo e a temperatura do processo de extração.

## 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS, URI pelo apoio financeiro.

## 5. REFERÊNCIAS

Benelli, P. *Agregação de valor ao bagaço de laranja (Citrus sinensis L. osbeck) mediante obtenção de extratos bioativos através de diferentes técnicas de extração*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2010.

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensmittel Wisssenschaft Und-technologie*, 28, 25-30, 1995.

Broinizi, P. R. B. et al. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacartium occidentale* L.). *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 27, 4, 902-908, 2007.

Bruni, G. P. et. al. *Estudo do método de ultrassom para extração de óleo de sementes de uva provenientes de rejeitos do processo vinícola*. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, SC, 2014.

Caldas, A. F. *Avaliação das propriedades antioxidantes do bagaço de mirtilo como potencial conservante alimentar*. Dissertação (Mestrando em Ciência do Consumo e Nutrição), Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.

Carreira, S. M. V. *Avaliação das propriedades antioxidantes e antimutagênicas de diferentes cultivares Vaccinium* spp.*: Partiot, Bluecrop, Duke, Earlyblue e O'Neal, produzidas na Sub-região do Baixo Vouga*. Dissertação (Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar), Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2012.

Cruz, P. N. *Potencial antioxidante e antimicrobiano dos extratos obtidos da semente de butia da praia (Butia catarinenses)***.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 150 p., 2016.

Damodaran, S.; Parkin, K. L. Fennema, O. R. *Química de Alimentos de Fennema.* Porto Alegre: Artmed, 2010.

Jesus, T. F. P. *O Mirtilo e suas Propriedades Terapêuticas*. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade de Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2013.

Kechinski, C. P. *Estudo de diferentes formas de processamento do mirtilo visando à preservação dos compostos antociânicos. Tese (Doutorado em Engenharia),* Universidade Federal do Rio Grande do Sul, *2011. 320 f.*

Melo, E. A. et. al. Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 44, 2, abr./jun., 2008.

Paes, J. *Concentração de compostos bioativos de resíduo de mirtilo (Vaccinium myrtillus L.) usando extração com $CO_2$ supercrítico e nanofiltração*. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2016. 171 p.

Piovesan, N. *Influência de diferentes parâmetros em métodos de extração de compostos bioativos de mirtilo (Vaccinium ashei Reade) e atividade antioxidante e antimicrobiana*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, p. 120, 2016.

Reque, P. M. *Frutos de mirtilo (Vaccinium* spp.*) e produtos derivados caracterização e estabilidade de suas propriedades biotivas.* Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2012.

Pertuzatti, P. B. et. al. Antioxidant activity of hydrophilic and lipophilic extracts of Brazilian blueberries. *Food chemistry*, 164, 81–8, 1 2014.

Rosa, J. R. *Microencapsulação de compostos antociânicos extraídos do mirtilo (Vaccinum spp.) por spray drayer: caracterização, estudo da estabilidade e condições gastrointestinais simuladas.* Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2017.

Severo, J. et al. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas, vitamina C e capacidade antioxidante em mirtilo armazenado em atmosfera controlada. *Brazilian Journal Food Technology***,** II SSA, Jan. 2009.

Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventos, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidantes by means of Folin-Ciocalteau reagente. *Methods Enzymol*, 152-178, 1999.

Souza, C. G. *Extração de compostos bioativos e pectina da casca de maracujá utilizando sistema pressurizado e ultrassom.* Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

Sousa, M. S. B.; Vieira, L. M; Lima, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. *Brazilian Journal Food Technology*, Campinas, 14, 3, 202-210, 2011.

Ugalde, M. L. *Biofilmes ativos com incorporação de óleos essenciais*. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, 2014.

Zardo, I. *Extração e microencapsulação de compostos antociânicos do bagaço de mirtilo (Vaccinium corymbosum L.).* Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. f. 118.

## 6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE DIFERENTES AMOSTRAS DE CAFÉ SOLÚVEL AGLOMERADO

**Rafaela Nery de Melo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
rafinha.nm@outlook.com

**Guilherme Felipe Flores Figueiredo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
guifigueredo1@hotmail.com

**Hortência Adelina Scolari**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
scolarihortencia@gmail.com

**Juliana Steffens**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
julisteffens@uricer.edu.br

**Lara Cassia Fortuna**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
lara_fortuna@hotmail.com

**Vinícios Diego Adam**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
viny-1996@hotmail.com

***Resumo***. *O café é um produto comumente apreciado pela população em geral, devido às características, sabor e aroma, que tornam a degustação do mesmo agradável. O processo de produção consiste em algumas etapas, como moagem, extração e desidratação, sendo o robusta a variedade mais comercializada e consumida, também utilizada como matéria prima para elaboração deste estudo. A granulometria é uma técnica utilizada para determinar a dimensão das partículas, com a finalidade de separara-las homogeneamente através da utilização de peneiras com determinada abertura constituindo uma série padrão, assim tendo grande destaque em diversas áreas da produção industrial. O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição granulométrica e o diâmetro médio de Sauter de três amostras de café solúvel aglomerados. As amostras apresentaram resultados diferentes, levando a concluir que as mesmas possuem dimensões diferentes e com a predominância de partículas maiores, influenciando diretamente na solubilidade, no sabor e na escolha do método de preparo do café.*

***Palavras-chave:*** *Granulometria, peneiramento, café solúvel.*

## 1. INTRODUÇÃO

O café é um produto nobre do agronegócio e da pauta de exportação do Brasil, ocupando lugar de destaque na história do desenvolvimento do país. O sabor e aroma de sua bebida conferem grande receptividade a este produto, cujo consumo se tornou um hábito mundial (Rocha e Ferreira, 2001). Na produção do café solúvel usa-se o café robusta, pois este reserva características próprias e diferenciadas, como sabor, acidez e maior quantidade de sólidos solúveis (HALAL, 2008).

No processo de produção do café solúvel os grãos torrados são moídos e submetidos à extração sob pressão em temperaturas de 140-160 °C, promovendo um enriquecimento de sólidos solúveis em relação à matéria-prima. O extrato é então desidratado em vaporizadores ou liofilizadores originando o café solúvel em pó ou granulado (Filho, 2005).

Considerando a natureza física do café aglomerado, alguns aspectos do processo precisam ser considerados em contrapartida com a conservação do produto final como é o caso do seu perfil granulométrico. Os grãos formados no processo de aglomeração apresentam uma dureza baixa e por isso são bastante quebradiços. Esta característica pode influir diretamente no tamanho médio do grão, pois quando submetido a perturbações físicas este pode se fragmentar, alterando o perfil granulométrico do material. O perfil granulométrico de um material é considerado uma característica importante pois esta influi em outras características como dureza, reatividade, e densidade aparente do produto (Amorim, 2016).

Materiais particulados podem ser estudados e classificados segundo sua granulometria que pode ser definida como a distribuição, em porcentagem, dos diversos tamanhos de grão. É a determinação das dimensões das partículas do agregado e de suas respetivas porcentagens de ocorrência. Conhecer o perfil granulométrico de um material possibilita o entendimento de outras propriedades intrinsicamente relacionadas a esta característica como reatividade e densidade aparente (Amorim, 2016).

A determinação granulométrica é feita através do peneiramento, onde utiliza-se peneiras com aberturas pré-determinadas e que formam uma série padrão, denominada Mesh.

A necessidade de separar sólidos está associada a duas finalidades: dividir o sólido granular em frações homogêneas, e, obter frações com partículas de mesmo tamanho (Gomide, 1980).

Tendo em vista os fatos citados, este trabalho tem por objetivo avaliar a granulometria de diferentes marcas de café solúvel comercializadas em supermercados da região do Alto Uruguai.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas três amostras de café solúvel aglomerado, comercializadas em mercados da região do Alto Uruguai, identificadas como A, B e C.

As amostras de café (A, B e C) analisadas, foram pesadas e dispostas em uma série de peneiras conforme descrito na Tabela 1, e uma imagem da série é apresentada na Figura 1.

Tabela 1. Série de peneiras Tyler

| **Peneira (Mesh)** | 9 | 16 | 20 | 32 | 35 | 42 | 48 | 60 | 80 | 115 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Peneira referente** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **Diâmetro (µm)** | 2000 | 1000 | 850 | 500 | 425 | 355 | 300 | 250 | 180 | 125 |

Figura 1. Série de peneiras Tyler

O conjunto foi então submetido à agitação manual por 3-5 minutos, onde retirou-se a peneira de maior Mesh e pesou-se o conteúdo retido, em seguida o conjunto foi novamente submetido à agitação, para melhor separação dos grânulos. Após este procedimento as peneiras foram retiradas e o material retido em cada uma delas foi pesado em balança analítica.

As frações retidas e cumuladas foram plotadas para verificar a distribuição de frequência e cumulativa das amostras, em relação aos diâmetros.

Os valores para o diâmetro médio das partículas foram determinados através da Equação de Sauter (1).

$$\text{Dps} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{xi}{Di}\right)} \qquad (1)$$

Onde: dps é o diâmetro médio das partículas de Sauter; xi é a fração da massa retida no Mesh e Di é o diâmetro equivalente ao Mesh.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta o percentual de massa retida em relação aos diâmetros das peneiras, para as amostras de café.

Tabela 2**.** Percentual de massa retida em relação aos diâmetros das peneiras, para as amostras de café.

| Diâmetro (µm) | Massa Retida (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Amostra A | Amostra B | Amostra C |
| 2000 | 44,79395 | 18,99516 | 31,65893 |
| 1000 | 24,88553 | 28,49273 | 19,52301 |
| 850 | 3,120645 | 7,123184 | 14,24652 |
| 500 | 4,240494 | 18,99516 | 9,761503 |
| 425 | 1,970934 | 4,748789 | 8,231321 |
| 355 | 0,836154 | 1,291671 | 6,38455 |
| 300 | 3,414294 | 4,07921 | 4,53778 |
| 250 | 2,548278 | 3,243423 | 3,218658 |
| 180 | 4,076249 | 4,86276 | 1,87843 |
| 125 | 10,11348 | 8,167917 | 0,559308 |

Verifica-se na Tabela 2 que as amostras de café solúvel apresentaram massa retida em todas as peneiras. Também se observa que entre as amostras existe diferença no percentual de massa retida, o que se deve a série de peneiras usadas neste trabalho, pois há uma distância grande entre os Mesh utilizados.

A Figura 2 mostra a distribuição de frequência em relação ao diâmetro das partículas de café solúvel para as amostras A, B e C.

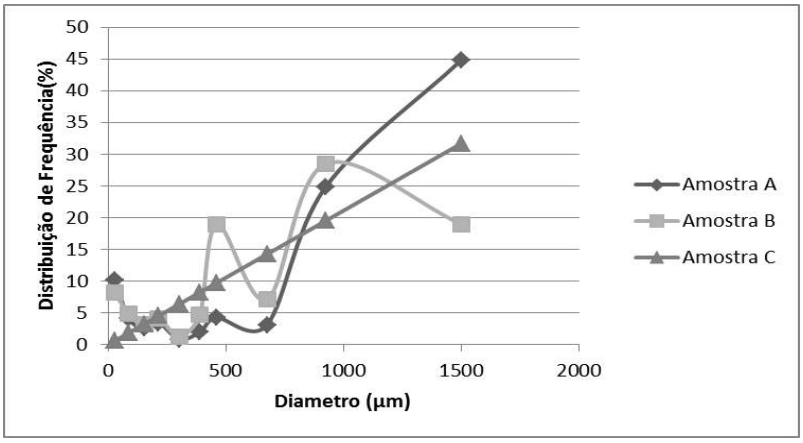



Figura 2**.** Gráfico de distribuição de frequência em relação ao diâmetro das partículas de café solúvel para as amostras A, B e C.

Observa-se que a amostra C apresentou um comportamento linear entre a quantidade de partículas retidas e a sequência de peneiras. Os maiores percentuais de acordo com a Tabela 2 e Figura 2 para as três amostras estão localizadas mais próximas aos diâmetros de 500µm, 850µm, 1000µm e 2000µm. Também observa-se que a amostra C obteve uma quantidade de partículas retidas muito pequena nos diâmetros 180µm e 125µm, quando comparados as amostra A e B, assim mostrando que a amostra C possui mais partículas de diâmetro maior. Observa-se ainda que as amostras apresentam distribuições granulométricas diferentes. Isto se deve possivelmente a métodos de obtenção de café solúvel, fazendo com que tenham tamanhos diferentes e proporções diferentes.

Tabela 3. Percentual de distribuição cumulativa para as amostras de café.

| Xi(%) A | Xi(%) B | Xi(%) C | Dm (µm) |
|---|---|---|---|
| 55,20605 | 81,00484 | 68,34107 | 2000 |
| 30,32053 | 52,51211 | 48,81807 | 1000 |
| 27,19988 | 45,38893 | 34,57155 | 850 |
| 22,95939 | 26,39377 | 24,81005 | 500 |
| 20,98845 | 21,64498 | 16,57873 | 425 |
| 20,1523 | 20,35331 | 10,19417 | 355 |
| 16,73801 | 16,2741 | 5,656395 | 300 |
| 14,18973 | 13,03068 | 2,437737 | 250 |
| 10,11348 | 8,167917 | 0,559308 | 180 |

A Figura 3 mostra a distribuição cumulativa em relação ao diâmetro das partículas de café solúvel para as amostras A, B e C.

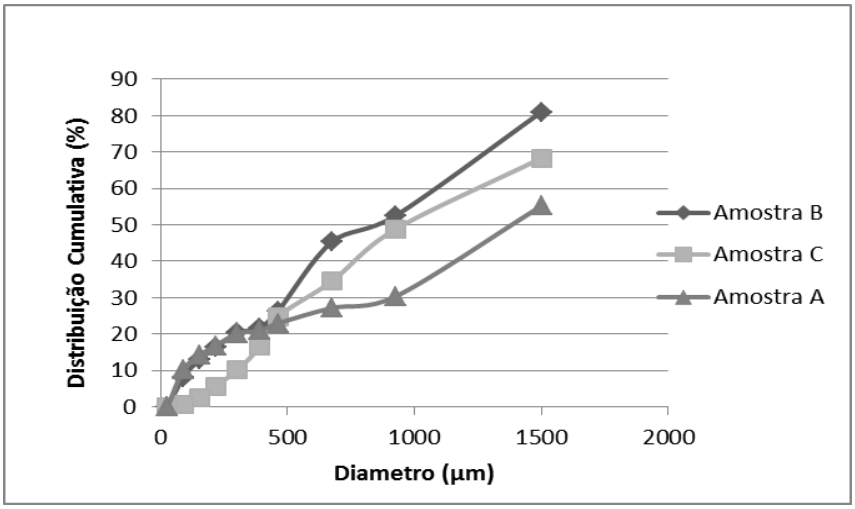



Figura 3. Gráfico de distribuição cumulativa em relação ao diâmetro das partículas de café solúvel aglomerado para as amostras A, B e C.

A análise de distribuição cumulativa representada na Figura 3, mostra o percentual de massa que passou através de cada peneira, nos indica que 50% da massa nas três amostras, não passou da peneira com diâmentro de 1000 µm, demonstrando que há a predominância de párticulas maiores, enquanto há uma pequena diferença de massa nas peneiras menores.

O diâmetro médio de Sauter obtidos para as amostras está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Diametro médio de Sauter obtido para cada amostra

| Amostra | Diâmetro Sauter (µm) |
|---|---|
| A | 0,005384 |
| B | 0,000211 |
| C | 0,000447 |

Através da tabela 4, pode-se observar que o diâmetro médio de Sauter para as três amostras de café, apresentaram resultados diferentes, e portanto, dimensões diferentes.

## 4. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, pode-se concluir que as amostras de café solúvel aglomerado são diferentes, pois apresentam análise de distribuição de frequência e distribuição cumulativa diferentes, assim como o diâmetro médio de Sauter. Estes aspectos diferentes podem influenciar em outras características, como é o caso da dureza, reatividade, e densidade aparente do produto

## 5. AGRADECIMENTOS

Á URI pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

## 6. REFERENCIAS

Amorim, A.M.M., 2016. “Controle de qualidade e análise granulométrica de grãos de café solúvel”. Relatório de estágio supervisionado. Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2016. Filho, W.G.V. Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher.

Gomide, R., 1980. “Operações Unitárias”. v. 1, São Paulo.

Halal, S.L.M., 2008. ”Composição, processamento e qualidade do café”. Departamento de Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Pelotas. 22 Abr. 2018 <https://quimicadealimentos.files.wordpress.com/2009/08/cafe.pdf>.

Rocha, E.M.P.; Ferreira, M.A.T., 2001. “Análise dos indicadores de inovação tecnológica no Brasil: Comparação entre um grupo de empresas privatizadas e o grupo geral de empresas”. Ciências e Informação. v. 30, n.2, p.64-69

## 7. RESPONSABILIDADE

Os autores Guilherme Felipe Flores Figueiredo, Hortência Adelina Scolari, Juliana Steffens, Lara Cassia Fortuna, Rafaela Nery de Melo e Vinícios Diego Adam, são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ENSAIOS DE CONCENTRAÇÃO DE PECTINASES COM SOLVENTES ORGÂNICOS E SAIS

**Rafaela Nery de Melo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
rafinha.nm@outlook.com

**Jamile Zeni**
Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: jamilezeni@uricer.edu.br

**Ilizandra Aparecida Fernandes**
Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: ilizandrafernandes@yahoo.com.br

**Eunice Valduga**
Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: veunice@uricer.edu.br

**Geciane Toniazzo Backes**
Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: gtoniazzo@uricer.edu.br

**Resumo.** O objetivo do presente estudo foi avaliar o processo de concentração da enzima poligalacturonase utilizando solventes (acetona e etanol) e um sal (sulfato de amônio), a fim de verificar qual o melhor agente precipitante, e melhor concentração a ser adicionada. O extrato enzimático bruto obtido da produção via fermentação utilizando *Aspergillus niger* ATCC 9642 foi adicionado aos diferentes agentes precipitantes em concentrações pré-determinadas. Os resultados de maiores concentrações enzimáticas foram obtidos quando utilizado concentrações de 3V para etanol e 2V para a acetona com valores de 47,05% e 42,85% respectivamente.

***Palavras-chave:*** *Precipitação, extrato enzimático, concentração.*

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por processos de purificação de biomoléculas é devido, principalmente, ao desenvolvimento da área de biotecnologia e a demanda das indústrias por produtos com elevado grau de pureza, como enzimas e proteínas, os quais são obtidos por processos fermentativos. Dentre as indústrias que apresentam aumento no uso destes compostos concentrados está a indústria de alimentos.

As biomoléculas obtidas por processos fermentativos, dependendo do seu uso, devem ser concentradas/purificadas para que seu potencial catalítico seja aumentado. Neste sentido, as técnicas de separação e purificação constituem uma etapa importante durante o *downstream* nas indústrias de bioprocessamento. Levando em consideração que a grande maioria das biomoléculas produzidas são sensíveis a alterações operacionais e ao meio onde se encontram.

Dentre as técnicas de purificação citadas na literatura tem-se a cromatografia preparativa, precipitação, ultra filtração, centrifugação e diálise. Porém algumas destas técnicas possuem limitações como o alto custo de instalação, manutenção e operação devido à complexa instrumentação requerida, além de terem baixos rendimentos, o que torna o emprego limitado para produções em larga escala.

O uso da precipitação com solventes e sais, pode ser aplicado na purificação de enzimas, como a poligalacturonase usada principalmente produção de vinhos, sucos, alimentos processados como alimentos infantis, não acarretando prejuízos no rendimento. E levando em conta que as etapas de purificação de um processo são em torno de 80% do custo final, esta técnica é uma das quais se utiliza reativos baratos e não necessita de equipamentos complexos.

Tendo em vista os fatos citados, este trabalho propõe avaliar o processo de pré-purificação da enzima poligalacturonase utilizando solventes (acetona e etanol) e sal (sulfato de amônio), verificando qual o melhor agente precipitante e a melhor concentração a ser adicionada.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Micro-organismo

A cepa do fungo filamentoso de *Aspergillus niger* ATCC 9642 foi utilizada na bioprodução da poligalacturonase (PG) por fermentação submersa.

Produção

A fermentação em estado líquido foi realizada em mistura composta de 32g/L de pectina cítrica, 2g/L de L–asparagina, 0,06g/L de fosfato de potássio,1,0g/L de sulfato de ferro, agitação 180 rpm, $5x10^6$ esporos/mL, 25 °C, pH inicial de 4,0 e 27 h de fermentação (Gomes et al., 2010).

Precipitação com solventes (acetona e etanol)

As precipitações com acetona e etanol foram realizadas utilizando-se uma proporção de 1:1, 1:2 e 1:3 (v/v) com adição do solvente a -15ºC. A seguir o material foi centrifugado (10.000 rpm) por 15 min a 5ºC. O precipitado formado foi ressuspendido em 10mL de tampão acetato de sódio pH 5,5, para posterior medida de atividade e teor de proteína.

Precipitação com sulfato de amônio

Nesta precipitação utilizou-se 30mL de extrato bruto e concentrações de sulfato de amônio 20% (4,236g), 40% (8,472g), 60% (12,708g) e 80% (16,944g). O sulfato foi adicionado lentamente ao extrato, com agitação constante, e deixado a mistura na geladeira durante 12h. Decorrido este tempo, levou-se para centrífuga (10.000 rpm) a 5ºC por 15min. O precipitado foi ressuspendido em 10mL de tampão acetato de sódio pH 5,5, para posterior medida de atividade e teor de proteína.

Atividade enzimática da Poligalacturonase

A atividade enzimática da poligalacturonase foi determinada pela medida da liberação de grupos redutores usando-se o método do ácido dinitrosalisílico (DNS), proposto inicialmente por Miller (1956).

Proteínas totais

Foram separadas alíquotas de cada ensaio para determinar o valor de proteína total da enzima citada anteriormente. As concentrações de proteínas foram medidas espectrofotometricamente em 595nm através do método de Bradford (1976), usando albumina bovina (BSA, Merck, Alemanha) como padrão e reagente de Bradford (Comassie Blue G-250).

Atividade específica

As proteínas presentes no extrato enzimático foram quantificadas para determinar a atividade enzimática específica, a qual representa o índice gerado pela relação entre a atividade enzimática (U/mL) e o valor de proteínas totais (mg/mL) da mesma amostra, ou seja, a atividade enzimática (U) por mg de proteínas (U/mg), conforme apresentado na Eq. (1):

$$U\ específico = \frac{U\ enzimático\,(U/mL)}{proteínas\ totais\,(mg/mL)} \qquad \text{Eq. (1)}$$

Recuperação ou rendimento de enzima (RP)

A recuperação das enzimas foi calculada pela Eq. (2) (Porto et al., 2008).

$$RP = \frac{[A_{enzima\ purificada}\ x\ V_{purificado}]}{[A_{extrato\ bruto}\ x\ V_{inicial}]}\ x\ 100 \qquad \text{Eq. (2)}$$

Sendo:
$A_{enzima\ purificada}$: é a atividade enzimática na fração considerada (U/mL);
$A_{extrato\ bruto}$: é a atividade enzimática na alimentação (U/mL);
$V_{inicial}$: é o volume inicial do extrato adicionado em mL.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as porcentagens de recuperação da poligalacturonase quando precipitada em acetona e etanol, onde pode-se observar que conforme aumentava-se o volume de etanol adicionado, aumenta a porcentagem de recuperação da enzima, sendo necessário três volumes de etanol para obter 47,05% de recuperação da enzima. Já para a acetona, a melhor recuperação enzimática foi na concentração de dois volumes onde obteve-se uma recuperação de 42,85%.

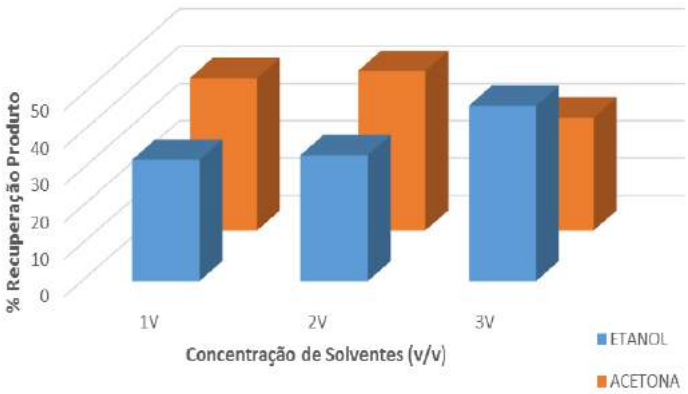



**Figura 1.** Recuperação da enzima quando precipitada com acetona e etanol

A literatura cita algumas teorias para elucidar o processo bioquímico de precipitação das proteínas pela adição de solventes orgânicos. Na precipitação de proteínas em soluções aquosas por adição de solventes orgânicos, a atividade química da água é reduzida conforme se aumenta a concentração do solvente apolar, devido principalmente ao deslocamento e à imobilização parcial das moléculas de água pela hidratação do solvente orgânico, diminuindo a capacidade de solvatação da proteína pela água (Pereira et al., 2010).

Além disto, neste tipo de sistema, a atração entre as cargas opostas das moléculas de proteína é intensificada devido à redução da constante dielétrica do meio. Com o deslocamento da estrutura ordenada de água ao redor das áreas superficiais da proteína pelo solvente orgânico, ocorre uma maior interação entre estas macromoléculas, que tendem a se agregar e precipitar. Outros afirmam que, diferente dos processos de precipitação por "salting-out" e da precipitação isoelétrica, a precipitação por adição de solventes orgânicos parece ser mais direcionada pelas interações eletrostáticas entre as moléculas de proteína que pelo chamado efeito hidrofóbico. Dentre os solventes orgânicos utilizados, os mais citados são a acetona e o etanol, por sua completa miscibilidade na água e por não reagirem com a proteína (Pereira et al., 2010).

A Figura 2 apresenta os resultados da precipitação com sulfato de amônio, onde é possível observar que conforme aumentava-se a porcentagem de sal utilizada, diminuía a porcentagem de recuperação da enzima.

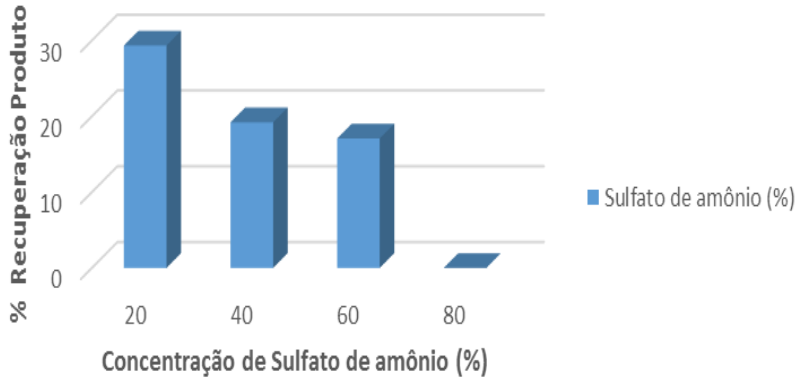



**Figura 2.** Recuperação da enzima quando precipitada com sulfato de amônio

Santos et al. (2014) obtiveram os melhores resultados para a concentração da enzima tirosinase em intervalos de saturação de 40-60%, sendo a recuperação da atividade total de 85,9%.

Perone et al. (2007), utilizaram concentrações de sulfato de amônio (0-80%) e o melhor resultado foi 40% em sulfato de amônio. Em pesquisa realizada por Pereira et al. (2010), a melhor precipitação ocorreu com 50% de sulfato de amônio.

## 4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados da pré-purificação da poligalacturonase (PG) observou-se que as maiores recuperações da enzima foram obtidas em concentração de solvente de três volumes para etanol e dois volumes para a acetona com valores de 47,05 e 42,85% respectivamente e a melhor concentração de sulfato de amônio foi de 20% com uma recuperação enzimática de 29,33%.

Estes resultados demonstram que o processo de pré-purificação por precipitação com solventes (álcool e acetona) e sulfato de amônio, podem ser recomendados para uso industrial, pois os métodos mostraram-se eficientes para a enzima estudada, além de serem de operação simples e de custo relativamente baixo.

## 5. AGRADECIMENTOS

URI, CAPES e FAPERGS.

## 6. REEFERÊNCIAS

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities for protein utilizing the principle of protein -dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.

GOMES J., ZENI J., CENCE K., TONIAZZO G., TREICHEL H., VALDUGA E. Evaluation of production and characterization of poligalacturonase by *Aspergillus niger* ATCC9642. **Food and Bioproducts Processing**, 2010.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar.**Analytical biochemistry**, v.31, p.426-428, 1956.

PEREIRA, L.L.S.; SANTOS, C.D.; PEREIRA, C.A.; MARQUES, T.R.; SÁTIRO, L.C.; Precipitação do inibidor de α-amilase de feijão branco. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara v.21, n.1, p. 15-20, 2010.

PERONE, C.A.S.; QUEIROZ, A.S.; DALOSSO, V.M.; MOREIRA, M.E.M.; Purificação parcial e caracterização cinética da enzima Polifenoloxidase de banana nanica (*Musa acuminata*). **Revista Instituto Ciência e Saúde**, p. 243, 2007.

PORTO, T.S.; MEDEIROS e SILVA, G.M.; PORTO, C.S.; CAVALCANTI, M.T.H; NETO, B.B.; LIMA-FILHO, J.L.; CONVERTI, A.; PORTO, A.L.F.; PESSOA-JR, A. Liquid–liquid extraction of proteases fromfermented broth by PEG/citrate aqueous two-phase system. Chemical Engineering and Processing: **Process Instensification**, v. 7, p. 716-721, 2008.

SANTOS, V.P.S.; MENDONÇA, C.; PEREIRA, P.R.; GUTARRA, M.L.E.; TORRES, A.G.; PEREIRA, K.S.; SALGADO, A.M.; **Comparação de métodos de extração e caracterização da enzima tironase de *Agaricus Bisporus***. Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis-SC. 2014.

## 7. RESPONSABILIDADE

Os autores Rafaela Nery de Melo, Jamile Zeni, Ilizandra Aparecida Fernandes, Eunice Valduga e Geciane Toniazzo Backes são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRODUÇÃO DE BOLOS FUNCIONAIS COM FARINHA DE BANANA VERDE E CHIA

**Raquel Bulegon**
**Georgia Ane Raquel Sehn**
**Andreia Zilio Dinon**

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC
raquelbuligon@hotmail.com, georgia.sehn@udesc.br, andreiadinon@udesc.br

***Abstract.*** *A adição de fibras e a substituição de gordura em produtos de panificação é uma alternativa para o desenvolvimento de produtos mais saudáveis. A farinha de banana verde (FBV) possui cerca de 73,4% de amido total, destes 17,55% é amido resistente o qual age no organismo como fibra e pode ser usada como ingrediente para melhorar o valor nutricional de produtos de panificação como pães, bolos e massas. A chia é um alimento funcional que possui cerca de 25% de proteínas, 35% de lipídeos e 30% de fibras, com propriedades emulsificantes, capacidade de retenção de água e ação gelificante, que permitem seu uso como substituinte de gordura. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de bolos simples com adição de cacau e com substituição parcial da farinha de trigo pela FBV conjuntamente com a substituição total da gordura pela adição de chia hidratada e verificar sua influência em parâmetros tecnológicos do produto final. Os bolos foram elaborados com inclusão de FBV nas proporções de 50% e 75% em substituição a farinha de trigo e chia hidratada em substituição total ao óleo vegetal. Os produtos obtidos foram avaliados quanto a cor e a textura. As formulações com FBV em maiores proporções resultaram em bolos com maior firmeza, maior mastigabilidade e menor luminosidade em comparação ao produto controle.*
***Keywords:*** *substituição de gordura, adição de fibras, farinha de banana verde, bolo.*

## 1. INTRODUÇÃO

A globalização e a industrialização proporcionaram facilidades alimentares que, apesar de toda praticidade, acarretaram alguns malefícios à saúde do consumidor. Produtos ricos em conservantes, gorduras e sódio são facilmente encontrados, amplamente consumidos e podem trazer consequências negativas à saúde, como obesidade, intolerâncias, alergias e hipertensão. Assim, é de extrema importância buscar alternativas que possam prevenir ou reduzir o risco de tais enfermidades (Ovando-Martinez, 2009). Uma das principais tendências é a prevenção de doenças pela adoção de hábitos alimentares mais saudáveis, incluindo a substituição de ingredientes tradicionais por funcionais, aumentar o consumo de alimentos ricos em fibras, com redução de açúcar e gorduras.

Diversos compostos presentes nos alimentos fornecem características benéficas que auxiliam na manutenção da saúde e prevenção de doenças (Saifullah, *et al*., 2009). Alguns exemplos dessas substâncias são as fibras, as vitaminas e os aminoácidos que podem ser naturalmente encontrados nos alimentos ou ingredientes adicionados ao produto final para potencializar uma característica funcional desejada (Vernaza *et al.*, 2011).

Dentre as possíveis fontes de substâncias funcionais, destacam-se os tubérculos, como a mandioca, o inhame e a batata doce, as farinhas com alto teor de proteínas, como as farinhas de soja, amendoim, grão de bico, e as farinhas com alto teor de fibras e/ou provenientes de frutas como a banana verde, a casca do maracujá, a casca da uva e outros cereais, como milho, arroz e sorgo (Jiang *et al.*, 2015).

No Brasil, as fibras alimentares são definidas como "*qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do tratosdigestivosdeshumanos"* (Brasil, 2001). As fibras são consideradas substâncias de origem vegetal que auxiliam no aumento do volume do bolo fecal e diminuem o tempo do trânsito intestinal. Podem ser classificadas quanto a sua solubilidade em fibras solúveis e insolúveis (Choo *et al.*, 2010). Estudos apontam que as fibras solúveis aumentam o tempo de trânsito intestinal e reduzem a velocidade da absorção de glicose, enquanto as fibras insolúveis reduzem o tempo de trânsito intestinal e aumentam a capacidade de retenção de água. A ingestão de fibras solúveis aliada a uma dieta com baixo teor de gorduras, contribui para a redução do colesterol sanguíneo, além de

regular a glicemia, ou seja, o nível de glicose sanguíneo, sendo recomendada para pessoas com diabetes e taxas de colesterol elevadas (Zandonadi *et al.*, 2012).

A banana verde caracteriza-se pelo baixo teor de açúcares e alto teor de amido, o que corresponde de 55% a 93% do teor de sólidos totais, e pela adstringência devido aos compostos fenólicos da polpa. Os frutos ainda verdes apresentam em média 73,4% de amido total, destes 17,5% de amido resistente, o qual age no organismo como fibra alimentar (Ramos *et al.*, 2009). A maior quantidade de amido resistente presente na farinha de banana verde é do tipo 2 (AR2), que não é digerível no estado crú, devido ao alto conteúdo de amilose, porém torna-se digerível quando aquecido. Sua quantidade pode variar de 49 a 57 g/100g, em função da variedade e do processo de secagem. O amido é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam muitos produtos processados, uma vez que age no organismo como fibra alimentar, contribui com propriedades de textura e tem aplicações como espessante, estabilizante, agente gelificante e intensificador de volume (Castilho *et al.*, 2010).

A gordura é outro elemento de grande importância na alimentação devido as suas propriedades nutricionais, funcionais e organolépticas. É vital para o metabolismo humano, pois fornece ácidos graxos essenciais necessários à estrutura das membranas celulares e também serve como transportadora das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K2. As gorduras têm uma função importante na determinação de quatro características sensoriais de produtos alimentícios: aparência, textura, sabor e *mouthfeel* (derretimento, cremosidade, lubricidade e espessura). Este papel é fator determinante de suas propriedades químicas, físicas e sensoriais, bem como de suas características de processamento. Afeta características no comportamento do produto alimentício durante o processamento, como sua estabilidade ao calor, viscosidade, cristalização e propriedades de aeração; e as características de pós-processamento, como sensibilidade a quebra/corte, pegajosidade, migração e dispersão (Fernandes e Salas-Mellado, 2017).

Apesar da sua importância na saúde, a gordura tem sido associada a doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, diabetes e expectativa de vida mais curta, que por sua vez são correlacionadas estatisticamente com a obesidade. Os consumidores têm procurado alimentos que contribuam diretamente com a sua saúde, preocupando-se não somente com a obtenção de nutrientes, mas também com a redução dos riscos de enfermidades e a promoção do bem-estar físico e mental (Agama-Acevedo, 2012, 2012). O conteúdo de gordura de um produto pode ser diminuído substituindo-o, total ou parcialmente, por um componente menos energético. A chia é particularmente interessante pois, além de melhorar o valor nutritivo, apresenta grande capacidade para reter água e óleo, características que a tornam um ingrediente potencial para produtos panificados e como emulsão alimentar (Andrade *et al.*, 2018).

A semente de chia possui elevado valor nutricional: 25% proteínas, 35% lipídios (cerca de 60% como ômega-3), sendo 79,47% ácidos graxos poliinsaturados, 30% fibras, sendo 5,7% insolúveis e 24,3% solúveis. Além disso, contém minerais, vitaminas e antioxidantes naturais como tocoferóis (238-427 mg.kg–1) e polifenóis (Ixtaina *et al*., 2014). Agentes gelificantes tem influência na textura, na aparência e na sensação residual, além de ter implicações nas interações sinérgicas entre os diversos ingredientes do alimento (Pizarro *et al*., 2013).

Ao entrar em contato com a água, ocorre hidratação do epicarpo das sementes de chia, a cutícula se rompe e forma-se uma mucilagem que circunda toda a superfície da semente (Muñoz *et al*., 2012). Esse gel é composto essencialmente por fibras solúveis que contribuem para a estabilidade da estrutura de produtos alimentícios, em especial, dispersões e emulsões presentes em sobremesas, bebidas, pães, geleias, maioneses, biscoitos, barras de cereais, iogurtes e molhos (Olivos *et al*., 2016).

Desta forma, a presente pesquisa buscou avaliar por meio de parâmetros tecnológicos, a influência da substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de banana verde e da substituição total da gordura pela chia hidratada na produção de bolos de chocolate a fim de desenvolver um produto rico em fibras, reduzido em gorduras e, que atenda às necessidades de consumidores cada vez mais preocupados com a saúde e a alimentação saudável e nutritiva, além de elucidar a influência e a interação de ingredientes no desenvolvimento de produtos funcionais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As formulações de bolos: controle e F1 a F4 foram preparadas com base na formulação "*layer cake*" descrita no trabalho de Segundo *et al.* (2017). Todos os ingredientes foram misturados em batedeira convencional por 1 min na velocidade 4. Posteriormente, a massa de bolo foi colocada em formas de alumínio previamente untadas com óleo vegetal e os bolos foram assados em forno elétrico por 35 min a 185 °C. A formulação de bolo controle foi elaborada com óleo vegetal e sem adição de FBV, sem chia e sem cacau, uma vez que o objetivo do estudo foi avaliar o efeito dessas modificações em diferentes formulações de bolo. A substituição do óleo vegetal nas formulações foi definida a partir de testes preliminares que indicaram as quantidades mínima e máxima de chia hidratada com possibilidade de adição para tornar o produto viável para produção e análise. Destaca-se que a formulação controle não possui adição de cacau pois o objetivo do trabalho foi avaliar se haveriam diferenças nos parâmetros estudados em virtude da presença ou não de cacau e de diferentes concentrações de FBV e chia. Os ingredientes utilizados no preparo dos bolos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Formulações do bolo com adição da farinha de banana verde e chia hidratada.

| Formulações | FBV/FT (g/g) | Chia (g) | Óleo (g) | Açúcar (g) | Cacau (g) | Ovos (g) | Leite (g) | Fermento (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **F1** | 75/25 | 72,28 | - | 90,00 | 7,25 | 75,00 | 95,00 | 4,50 |
| **F2** | 50/50 | 36,14 | - | 90,00 | 7,25 | 75,00 | 95,00 | 4,50 |
| **F3** | 75/25 | 36,14 | - | 90,00 | 7,25 | 75,00 | 95,00 | 4,50 |
| **F4** | 50/50 | 72,28 | - | 90,00 | 7,25 | 75,00 | 95,00 | 4,50 |
| **Controle** | 100 | - | 47,50 | 90,00 | - | 75,00 | 95,00 | 4,50 |

FBV: farinha de banana verde; FT: farinha de trigo.

As sementes de chia hidratada foram preparadas pela trituração e adição de 8mL de água por grama de semente seguida por aquecimento a 58ºC até formar um gel firme, a partir de modificações da metodologia descrita por Fernandes e Salas Mellado (2017). Todos os produtos elaborados foram analisados em triplicata a fim de determinar parâmetros de cor e textura, incluindo: firmeza, deformação, força de adesão, adesividade, elasticidade e mastigabilidade. A textura foi medida de acordo com a metodologia AACC n° 74-10.02 (2010), em texturômetro (brookfield, modelo ct3), a partir de amostras em formato cúbico de 2,5 cm³ com compressão de 40%, por cilindro de acrílico de 20 mm de diâmetro e velocidade de 2.0 $mm.s^{-1}$. A cor da crosta e do miolo dos bolos foi avaliada pelos parâmetros l*, a* e b* em colorímetro (hunter lab mini scan®, modelo ez) pela análise direta de cada amostra, conforme orientações do fabricante. o referencial l* mede a luminosidade da amostra, que pode variar de 0 (preto total) à 100 (branco total). o parâmetro a* positivo mostra a tendência da cor para a tonalidade vermelha e a* negativo a tendência da cor para a tonalidade verde. o referencial b* positivo é a tendência da cor para a tonalidade amarela e b* negativo a tendência da cor para a tonalidade azul (Borchani *et al.*, 2011).

A avaliação estatística foi realizada pelo Teste de Tukey, através da análise de variância (ANOVA), usando o software Assistat® para detectar a diferença significativa entre as amostras ($p<0,05$), em nível de confiança de 95%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Cor da crosta e do miolo

A Tabela 2, mostra os resultados da cor da crosta e do miolo das formulações desenvolvidas, bem como da formulação controle.

Tabela 2: Cor da crosta e do miolo das formulações de bolo de chocolate.

| | Cor da crosta | | | | Cor do miolo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Formulações** | **L** | **a** | **b** | **ΔE** | **L** | **a** | **b** | **ΔE** |
| **F1** | 21,63 ± 0,92 [c] | 4,72 ± 0,53 [d] | 6,26 ± 0,74 [d] | 36,98 | 25,42 ± 2,36 [b] | 5,51 ± 0,50 [b] | 10,14 ± 0,86 [c] | 32,91 |
| **F2** | 25,22 ± 0,74 [b] | 5,42 ± 0,65 [c] | 9,68 ± 1,07 [c] | 32,54 | 24,90 ± 0,74 [b] | 5,48 ± 0,16 [b] | 10,05 ± 0,47 [c] | 33,22 |
| **F3** | 25,97 ± 1,04 [b] | 6,28 ± 0,29 [c] | 9,21 ± 0,45 [c] | 32,39 | 22,09 ± 0,54 [b] | 5,67 ± 0,20 [b] | 9,64 ± 0,41 [c] | 34,79 |
| **F4** | 16,62 ± 0,75 [d] | 11,27 ± 0,41 [b] | 17,67 ± 1,10 [b] | 28,93 | 10,95 ± 3,20 [c] | 13,96 ± 1,75 [a] | 16,76 ± 1,57 [b] | 36,05 |
| **Controle** | 35,47 ± 2,55 [a] | 18,25 ± 0,74 [a] | 37,77 ± 1,32 [a] | | 39,41 ± 3,57 [a] | 13,23 ± 0,51 [a] | 38,91 ± 3,57 [a] | |

Valores expressos como média ± desvio padrão (n=2). Valores seguidos de letras distintas minúsculas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Observa-se que a cor da crosta apresentou maiores variações, com diferença significativa ($p>0,05$) para os parâmetros L*, a* e b* em todas as formulações, exceto para F2 e F3. Destaca-se que a formulação controle apresentou os maiores valores dos parâmetros de cor, tendo em vista que a adição da FBV ocasionou diminuição de luminosidade e de tendência para a cor vermelha e amarela. Essas variações também ocorreram porque não houve adição de cacau na formulação controle. Verifica-se que não houve diferença significativa nos parâmetros L*, a* e b* para a cor do miolo das formulações F1, F2 e F3, provavelmente em virtude da presença do cacau nas formulações o que torna a coloração do miolo homogênea. Com exceção do parâmetro de cor a* para a formulação F4, todas as demais amostras obtiveram resultados para a cor do miolo inferiores e estatisticamente diferentes da amostra controle, pois esta não apresenta cacau e FBV em sua formulação.

Andrade *et al.* (2018), ao avaliarem pães com substituição de 10%, 15% e 20% de farinha de trigo integral pela farinha de banana verde, encontraram diferença significativa ($p>0,05$) para cor da crosta para todos os valores de luminosidade obtidos. A substituição de FBV em níveis de 10%, 15% e 20% contribuiu para o escurecimento do miolo e o clareamento da crosta do pão. Observou-se ainda que o miolo mais escuro foi o dos pães com 10% FBV e a crosta mais escura, a dos pães padrão, seguido dos pães com 10% e 20% de FBV. Segundo os autores, assim como a farinha

integral, a FBV também contribui para a coloração do pão, pois, em relação à cromaticidade a*, os pães com adição de FBV diferiram significativamente ($p$<0,05) do pão controle, sendo o mesmo observado para a cromaticidade b*. De forma geral, a adição de FBV reduziu os valores de a* e b*, o que significa uma diminuição dos *chromas* vermelho e amarelo, respectivamente. O mesmo efeito foi observado no presente trabalho em bolos adicionados de FBV.

Segundo *et al.* (2017), estudaram o efeito da substituição de 15% a 30% da farinha de trigo por farinha de banana verde na produção de bolos e observaram diferença significativa (p>0,05) para a cor da crosta das formulações. Os autores destacam que mudanças na cor da crosta podem ser explicadas pela presença de maior teor de açúcares na farinha de banana verde, como a glicose, a frutose e a sacarose. Estes açúcares são precursores para reações de *Maillard* e caramelização devido as altas temperaturas alcançadas na parte externa do bolo durante o cozimento.

A alteração na cor dos bolos pode estar diretamente relacionada com a pigmentação da matéria-prima e também pelo aumento da concentração de proteínas da formulação que favorece o aumento de produtos resultantes da reação de *Maillard* (Juszczak *et al*., 2012; Peressini e Sensidoni, 2009).

### 3.2 Perfil de textura

Na Tabela 3, estão os resultados para os parâmetros de textura estudados. Observa-se que o parâmetro elasticidade não possui diferença significativa (p>0,05) entre as amostras e os parâmetros deformação e adesividade apresentaram diferença apenas para a formulação controle em relação as demais formulações estudadas.

Tabela 4: Resultados de textura das formulações desenvolvidas.

| Formulações | Firmeza (N) | Deformação (mm) | Adesividade (mJ) | Elasticidade (mm) | Mastigabilidade |
|---|---|---|---|---|---|
| **F1** | 32.20 ± 6,62 [a] | 15.00 ± 0.00 [a] | 0.10 ± 0.10 [a] | 12.30 ± 3.10 [a] | 186.03 ± 4.82 [b] |
| **F2** | 14.49 ± 2.39 [c] | 14.99 ± 0.00 [a] | 0.10 ± 0.08 [a] | 13.05 ± 3.40 [a] | 100.06 ± 0.88 [a] |
| **F3** | 16.89 ± 2.98 [c] | 15.00 ± 0.00 [a] | 0.10 ± 0.05 [a] | 14.72 ± 2,92 [a] | 100.47 ± 0.24 [a] |
| **F4** | 10.11 ± 1.16 [b,c] | 15.00 ± 0.00 [a] | 0.10 ± 1.67 [a] | 13.53 ± 3.44 [a] | 94.48 ± 2.12 [c] |
| **Controle** | 2.75 ± 0.29 [b] | 14.78 ± 0.21 [b] | 0.00 ± 0.00 [b] | 12.97 ± 0,38 [a] | 24,30 ± 2.72 [d] |

Valores expressos como média ± desvio padrão (n=2). Valores seguidos de letras distintas minúsculas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os parâmetros de firmeza e mastigabilidade das formulações diferem significativamente (p>0,05) entre si, sendo a formulação F1 com maior valor de firmeza e mastigabilidade provavelmente em virtude da maior concentração de FBV (75%) e maior quantidade de chia hidratada (72,28g), seguida da F3, também com a maior concentração de FBV (75%) e a menor quantidade de chia hidratada (36,14g).

As características da FBV, que contêm maior teor de fibras e proteína em relação a farinha de trigo, reduzem a capacidade de expansão e aumentam a compactação da massa, o que explica o aumento da firmeza dos bolos. O uso de ingredientes que reduzem a força do glúten também resulta no aumento da firmeza, conforme comprovado em estudos de Segundo *et al.* (2017), que obtiveram aumento da firmeza e diminuição da elasticidade dos bolos com acréscimo de FBV.

Souza *et al.* (2018), ao avaliarem a substituição em níveis de 0 a 100% da gordura pelo purê de banana verde e diminuição de açúcar em até 50% em bolos, observaram um aumento da firmeza de 6,6 ± 0,3 N na formulação com 0% de substituição para 11,2 ± 0,6N com 25% de substituição da gordura pela FBV e 40% de diminuição de açúcar, que segundo os autores, pode ocorrer com a retirada do açúcar, onde quantidades maiores de água disponíveis além da adição do purê de banana verde, poderiam diminuir a expansão da massa do bolo devido à alta concentração de fibra, cerca de 15%.

Fernandes e Salas-Mellado (2017), ao adicionarem mucilagem da semente da chia em substituição a gordura nos níveis de 0% a 100% em bolos, obtiveram aumento na firmeza de 3,17 ± 0,02N na formulação controle para 6,36 ± 0,04 N na formulação com 100% de substituição e aumento proporcional da mastigabilidade conforme o aumento do nível de adição da mucilagem da chia. Os autores destacam que a firmeza é um parâmetro importante para a qualidade dos produtos de panificação e pode determinar sua vida útil, a gordura é um ingrediente com efeito positivo na textura do produto para manter pães e bolos mais macios por um longo período. Assim, os efeitos de redução de lipídios devem ser rigorosamente avaliados.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agama-Acevedo E, Islas-Hernández JJ, Pacheco-Vargas G, Osorio-Díaz P and Bello-Pérez LA, 2012. Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. LWT Food Sci Technol. Vol. 46, p. 177–182. doi: 10.1016/j.lwt.2011

Andrade, B. A., Perius, D. B., de Mattos, N. V., de Mello Luvielmo, M. and Mellado, M. S., 2018. Produção de farinha de banana verde (Musa spp.) para aplicação em pão de trigo integral. *Brazilian Journal of Food Technology*, Vol. 21, p. 1-10.

Borchani, C., Masmoudi, M., Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C. and Blecker, C., 2011. "Effect of date flesh fiber concentrate addition on dough performance and bread quality." *Journal of Texture Studies*, Vol. 42, p. 300-308.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 12/2001, 2001. "Aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos". *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2 jan. 2001.

Castilho, F., Fontanari, G.G. and Batistuta, J.P., 2010. "Evaluation of some functional properties of sweet lupine flour (Lupinus albus) and pigeonpea (Cajanus cajan (L) Millsp) and its use in the production of ham." *Food Science and Technology*, Vol. 30 (1), p. 68–75.

Choo, C.L. and Aziz, N.A.A. 2010. "Effects of banana flour and β-glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles". *Food Chemistry*, Vol.119, p. 34-40.

Jiang, H., Zhang, Y., Hong, Y., Bi, Y., Gu, Z. and Cheng, L., 2015. "Digestibility and changes to structural characteristics of green banana starch during in vitro". *Food Hydrocolloids*, Vol.*49*, p. 192-199.

Fernandes, Sibele Santos and De Las Mercedes Salas-Mellado, Myriam, 2017. "Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes". *Food Chemistry*, Vol. 227, p. 237-244.

Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W. K. and Tomás, M. C., 2011. "Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction". *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 24, p. 166–174.

Juszczak, T.; Witczak, R.; Ziobro, J.; Korus, E. and Cieślik, M., 2012. "Efeito de 911 inulina em propriedades reológicas e termais de massa sem glúten". *Polímeros de Carboidratos*, Vol. 90, p. 353-360.

Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O. and Aguilera, J. M., 2012. "Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration". *Journal of Food Engineering*, Vol. 108, p. 216–224.

Odenigbo, A. M., Asumugha, V. U., Ubbor, S. and Ngadi, M., 2013. "In vitro starch digestibility of plantain and cooking-banana at ripe and unripe stages". *International Food Research Journal*, Vol. *20*(6), p. 3027.

Olivos-Lugo, B. L., Valdivia-López, M. A. and Tecante, A., 2010. "Thermal and physicochemical properties and Nutritional value of the protein fraction of mexican chia seed (Salvia hispanica L.)". *Food Science and Technology international*, Vol. 16(1), p. 89–96.

Ovando-Martinez, M., Sáyago-Ayerdi, S., Agama-Acevedo, E., Goñi, I. and Bello-Pérez, L. A., 2009. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry*, Vol. *113*(1), p. 121-126.

Pizarro, P. L., Almeida, E. L., Samman, N. C. and Chang, Y. K., 2013. "Evaluation of whole chia (Salvia hispanica L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake". *LWT – Food Science Technology*, Vol. 54(1), p. 73–79.

Saifullah, R., Abbas, F. M. A., Yeoh, S. Y. and Azhar, M. E., 2009. Utilization of green banana flour as a functional ingredient in yellow noodle. *International Food Research Journal*, Vol. *16*(3), p. 373-379.

Segundo, C., Román, L., Gómez, M. and Martínez, M. M., 2017. Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (M. cavendishii var. nanica) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes. *Food Chemistry*, Vol. *219*, p. 240-248

Souza, N. C. O., de Oliveira, L. D. L., de Alencar, E. R., Moreira, G. P., dos Santos Leandro, E., Ginani, V. C., and Zandonadi, R. P., 2018. "Textural, physical and sensory impacts of the use of green banana puree to replace fat in reduced sugar pound cakes". *LWT*, Vol.*89*, p. 617-623.

Vernaza, M. G., Gularte, M. A. and Chang, Y. K., 2011. Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. *Ciência e Agrotecnologia*, Vol.*35*(6), p. 1157-1165.

Zandonadi, R. P., Botelho, R. B. A., Gandolfi, L., Ginani, J. S., Montenegro, F. M. and & Pratesi, R., 2012. Green banana pasta: an alternative for gluten-free diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, Vol.*112*(7), p. 1068-1072.

## 5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo conteúdo do material impresso contido nesse artigo.

## 6. AGRADECIMENTOS

Bolsa de pesquisa de mestrado UNIEDU; projeto FAPESC 2017TR721.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CARACTERIZAÇÃO ELEMENTAR E EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM DE CROMO DE COURO RESIDUAL

**Raquel Carla Zanatta**[(1)]
**Rogério Marcos Dallago**[(1)]
**Daniel Santos**[(2)]
**Cezar Augusto Bizzi** [(2)]
**Luciana Dornelles Venquiaruto**[(1)]
[(1)]Universidade Regional Integrada - Campus de Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
[(2)]Universidade Federal de Santa Maria.
raquelczanatta@gmail.com.br dallago@uri.com.br danielsantos1997@hotmail.com c_bizzi@yahoo.com.br venquiaruto@uricer.edu

***Resumo:*** *O couro "wetsblue"spode ser obtido através do processo de curtimento utilizando a adição de sais de cromo. Neste processo ocorre a formação de um complexo entre o Cr e os grupos carboxíla do colágeno, garantindo a estabilização da matriz, aumentando a resistência física e química do material, protegendo-o da degradação por microrganismos. Porém este processo gera uma grande quantidade de resíduos, que apresentam elevadas concentrações de Cr, sendo considerado um resíduo de alto potencial poluidor. Uma forma para reduzir custos e contribuir com o meio ambiente seria buscar alternativas para seu reaproveitamento. Neste contexto, o presente estudo visou caracterizar amostras de couro residual, obtidas a partir do processo "wet-blue" por ICP OES e MEV, além de estudar a extração do Cr presente nas mesmas, mediante a utilização de sistemas de ultrassom, avaliando também a solução extratora. A partir da caracterização elementar pode-se observar uma alta concentração de Cr nas amostras de couro. Em relação aos sistemas de ultrassom utilizados para as extrações, pôde-se observar que o banho 3 e o cup horn apresentaram maior remoção de Cr sem que a amostra fosse totalmente degradada. Portanto, esses sistemas foram selecionados para experimentos subsequentes, juntamente com* $H_2SO_4$ *e HCl como soluções extratoras.*
***Palavras-chave:*** *Couro, caracterização, remoção de cromo, ultrassom.*

## 1. INTRODUÇÃO

O couro é um material formado pela transformação física, química e/ou estrutural da pele animal (Garcia, 2015). A transformação da pele em couro pode ser divida em três etapas principais: a ribeira, o curtimento e o acabamento. Na ribeira, a pele passa por um processo de limpeza das fibras de colágeno (Freitas, 2007; CETESB, 2014). No processo de curtimento, agentes curtentes (sais de cromo e/ou taninos) são adicionados às fibras, fornecendo resistência a matriz do colágeno, e maior estabilidade química ao produto final (Freitas, 2007). Por fim, o acabamento confere ao couro um aspecto físico definitivo, com formato e aplicabilidade (Freitas, 2007; Cetesb, 2014).

Para cada tonelada de couro produzida, é estimada uma média de 225 kg de resíduos após curtimento (raspas e aparas). Por possuir elevada quantidade de cromo, esses resíduos são classificados como altamente perigosos e nocivos (ABNT, 2004). Os principais métodos de tratamento e segregação desses subprodutos estão relacionados com a utilização de aterros industriais e/ou incineração, sendo considerados métodos de elevados custos de aplicação e manutenção (Coelho, 2015).

Dentre as possíveis alternativas para a reutilização dos resíduos de couro, sem a remoção de cromo, podem ser citadas: a utilização na adsorção de corantes e a adição em pigmentos cerâmicos. Em alguns estudos com esses processos alternativos, a eficiência na remoção dos corantes vermelho drimarem, amarelo cibacrone e azul procionista foi similar ou superior aos métodos de referência utilizando carvão ativado (Dallago *et al*., 2005 e 2007).

A principal limitação na reutilização dos resíduos de couro é a remoção de cromo sem provocar a degradação e/ou gelatinização do colágeno (Oliveira *et al*., 2008). Nesse sentido, é necessário o desenvolvimento de métodos de extração que possibilitem a remoção de cromo com elevada eficiência com o menor dano possível a matriz de colágeno (Brown *et al.,* 1986; Taylor *et al.,* 1990).

O ultrassom é considerado uma fonte de energia promissora para os processos de extração (Mason, 1990). Durante a aplicação de ultrassom, podem ser formadas bolhas de cavitação na interface líquido-sólido, aumentando as taxas de transporte e a área de superfície de material sólido (Mason, 1990; Suslick, 1989). Um contato mais efetivo entre líquido e sólido pode ser atribuído aos micro-jatos, que aumentam as propriedades de lixiviação da solução extratora. Além disso, algumas espécies radicais podem ser formadas durante a cavitação, afetando o processo de extração, bem como a estabilidade dos analitos (Mason, 1990; Suslick, 1989). Entre as vantagens da extração assistida por ultrassom (UAE), comparado aos métodos de extração convencionais, estão a redução do tempo de extração, o baixo consumo de reagente e o emprego de condições reacionais mais brandas (temperatura reacional próxima à temperatura ambiente) (Mason, 1988; Castro 2007).

Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo realizar a caracterização elementar das amostras de couro residual, além de investigar e propor a extração assistida por ultrassom para remoção de cromo em resíduos de couro. Foram investigados diferentes sistemas de aplicação de ultrassom, a composição da solução extratora, bem como outros parâmetros relacionados ao processo.

## 2. METODOLOGIA

As amostras de couro residual foram submetidas a um processo de decomposição por via úmida em sistema aberto, utilizando um bloco digestor. Foram digeridas cerca de 0,2 g de amostra em 5 mL de $HNO_3$ concentrado. Aplicando uma rampa de aquecimento até 115 ºC durante 10 minutos e mantendo a mesma constante por aproximadamente 3 horas. Na sequência, os frascos foram resfriados e os digeridos foram diluídos com água ultrapura até o volume de 25 mL. Após o processo de decomposição foi feita a determinação dos analitos para a caracterização da amostra por ICP OES. As amostras também foram analisadas por MEV.

Nos ensaios univariados realizados, as extrações assistidas por ultrassom foram feitas em sistemas do tipo banho de ultrassom, sonda e *cup horn*, nos quais foram avaliadas e otimizadas as seguintes variáveis: soluções extratoras, temperatura, tempo de aplicação, amplitude do US e massa de amostra.

Os ensaios univariados foram feitos nos sistemas do tipo banho (1 a 4), operando nas condições mostradas na tabela 1, com 150 mg de amostra, 30 minutos de sonicação, temperatura de 30 ºC e 100% de amplitude e 20 mL de solução extratora, destaca-se que a diferença entre os banhos de US está no volume de água e também na frequência de sonicação. Os experimentos também foram realizados utilizando o sistema do tipo sonda e *cup horn*, operando a 20 kHz e 130 W e 750 W e 20 kHz, respectivamente. As condições empregadas foram as mesmas utilizadas nos banhos, exceto a amplitude do sistema, que passou a ser 70% e a massa de amostra, que foi de 50 mg.

Tabela 1. Detalhamento dos banhos de US utilizados nas avaliações das extrações de Cr em amostras de couro residual.

| Banhos | Potência efetiva, W | Frequência, kHz | Volume, L | Modelo |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 200 | 35 e 130 | 8,6 | TI-H-10 |
| 2 | 100 | 25 e 45 | 3,5 | TI-H-5 |
| 3 | 330 | 37 e 80 | 12,9 | P120H |
| 4 | 330 | 37 e 80 | 9 | P120H |

Em um segundo momento, diferentes soluções extratoras foram avaliadas nos diferentes sistemas. Para as extrações foram utilizados 20 mL das soluções de $H_2O_2$, $H_2O$, NaOH, $H_2SO_4$, $HNO_3$, HCl e $CH_2O_2$ (5% v/v), todas preparadas a partir de água ultrapura.

Após todas as extrações assistidas por ultrassom, as amostras foram centrifugadas por 10 min a 4000 rpm. As amostras obtidas nos ensaios foram filtradas com papel filtro de 22 µm para a separação dos sólidos restantes. O sobrenadante foi separado para posterior quantificação dos analitos, por ICP OES.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Caracterização elementar das amostras de couro residual por ICP OES e MEV

As amostras de couro residual submetidas ao processo de decomposição ácida, foram encaminhadas para a caracterização elementar, utilizando o ICP OES para a determinação dos analitos. Os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização elementar de amostras de couro residual após decomposição por bloco digestor. Determinações feitas por ICP OES.

| **Elementos** | **Amostra (µg g$^{-1}$)** | **Elementos** | **Amostra (µg g$^{-1}$)** |
|---|---|---|---|
| Al | 127,43 ± 0,54 | Mg | 710,39 ± 13,36 |
| Ba | < 3,22* | Mn | < 0,25* |
| Ca | 120,83 ± 12,20 | Ni | < 11,51* |
| Cr | 29003,54 ± 159,57 | Pb | < 52,38* |
| Cu | < 6,23* | Ti | < 4,37* |
| Fe | 181,91 ± 9,74 | Zn | < 8,10* |
| K | 27,04 ± 3,01 | Na | 5587,73 ± 499,79 |

*Limite de Quantificação (LQ) obtido por ICP OES

Observando os resultados obtidos na caracterização elementar (Tabela 2), foi verificada a presença de alguns elementos em maior proporção como, por exemplo, Ca, Fe, K, Mg e Na, os quais se encontram nas matrizes em maiores concentrações, além do Cr que está presente em uma elevada quantidade.

É possível verificar que o Cr está presente na amostra em uma elevada quantidade, isso se deve às etapas de transformação da pele animal em couro, mais precisamente da etapa de curtimento, que visa o tratamento da pele animal com sais de cromo trivalente. Esse tratamento proporciona a estabilização da matriz pela formação de uma ligação covalente altamente estável entre o Cr e o Colágeno, principal constituinte da pele, garantindo que o couro possa ser usado como matéria-prima em diversos setores industriais. Os demais elementos químicos encontrados nas amostras também provêm do processo de curtimento, desde a limpeza e preparo do material até as etapas de acabamento, ou também dos equipamentos utilizados para os tratamentos da pele animal.

A análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi feita com o intuito de caracterizar a morfologia do couro residual antes da extração assistida por ultrassom. A imagem da estrutura do couro residual obtida está mostrada na figura 1. Foi possível verificar a presença de diversos elementos químicos na estrutura do couro residual, inclusive o Cr e o Na, que também foram obtidos na caracterização por ICP OES. Ambos os elementos são resultados dos processos de curtimento da pele animal.

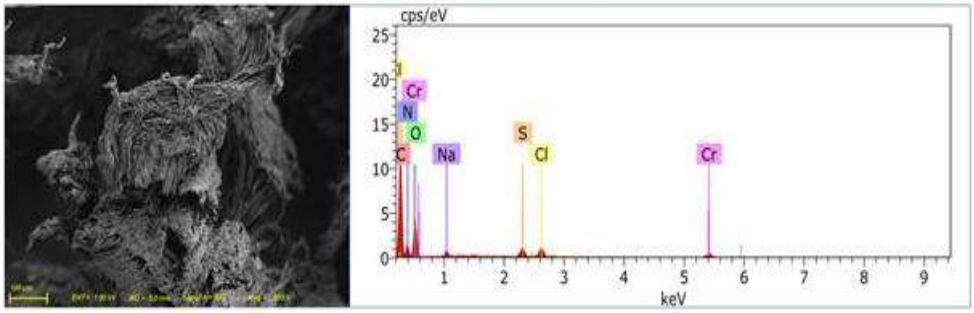



Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura para amostra de couro residual (esquerda), juntamente com o espectro EDS (energia dispersiva de raios X).

### 3.2. Extração assistida por ultrassom para posterior determinação de Cr em amostras de couro residual

A utilização do ultrassom tem sido estudada como uma alternativa para processos de extração de metais em amostras sólidas, com o objetivo de reduzir tempo de extração e consumo de reagentes. Os resultados referentes aos sistemas de ultrassom do tipo banho (1 a 4), sonda e *cup horn* estão representados na Figura 2.

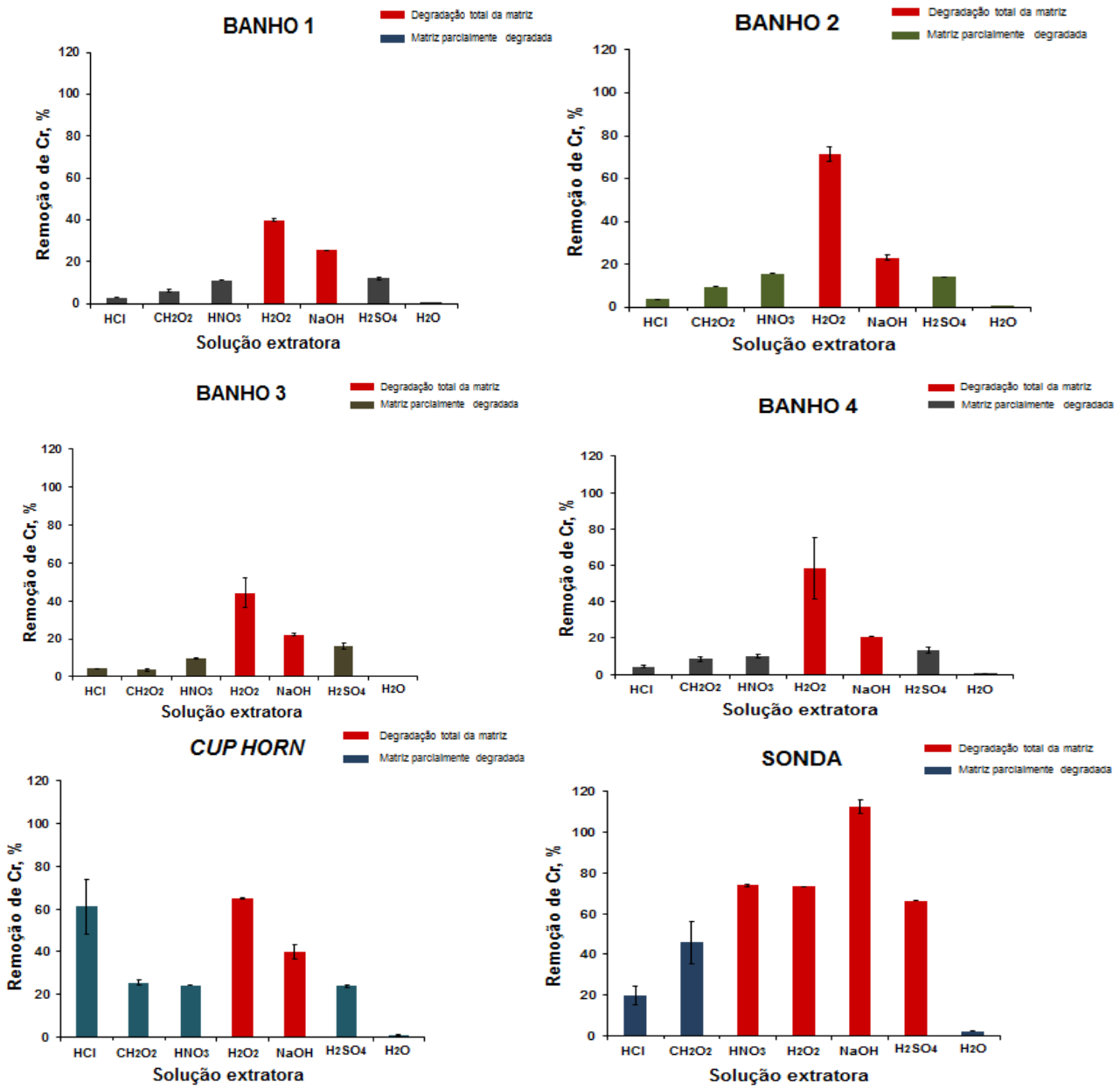



Figura 2. Avaliação da solução extratora para a extração de Cr nos sistemas de ultrassom do tipo banho (1 a 4), sonda e *cup horn.*

Neste experimento foi possível verificar que com as soluções de NaOH e $H_2O_2$ foram obtidas maiores remoções de cromo em todos os sistemas utilizados. Porém, com essas soluções ocorreu a degradação total ou, pelo menos, parcial do couro. A degradação da amostra é indesejada, uma vez que o intuito de remoção do cromo do couro é proporcionar o posterior aproveitamento do couro, como matéria-prima em diversos setores industriais, no entanto, com as demais soluções não houve degradação significativa, porém a eficiência de extração foi baixa. .

O sistema do tipo *cup horn* apresentou resultados promissores, proporcionando a extração de aproximadamente 60% do analito para a solução de ácido clorídrico, sem a total degradação do couro. Além de apresentar melhor extração para as demais soluções extratoras, exceto com a água.

Após a avaliação dos diferentes banhos de ultrassom, foi verificado que não houve muita diferença na extração dos analitos entre os banhos 1, 2 e 4. Cabe ressaltar que todos os banhos foram mapeados em estudos anteriores e os frascos contendo a amostra e a solução extratora foram dispostos sempre nas mesmas posições. Essas posições selecionadas possuem maior incidência das ondas ultrassônicas, favorecendo a extração do analito.

Por outro lado, o sistema tipo sonda proporcionou grande extração do Cr, mas praticamente toda amostra foi degradada. A Figura 3 representa as amostras após a extração assistida por ultrassom nos diferentes sistemas.

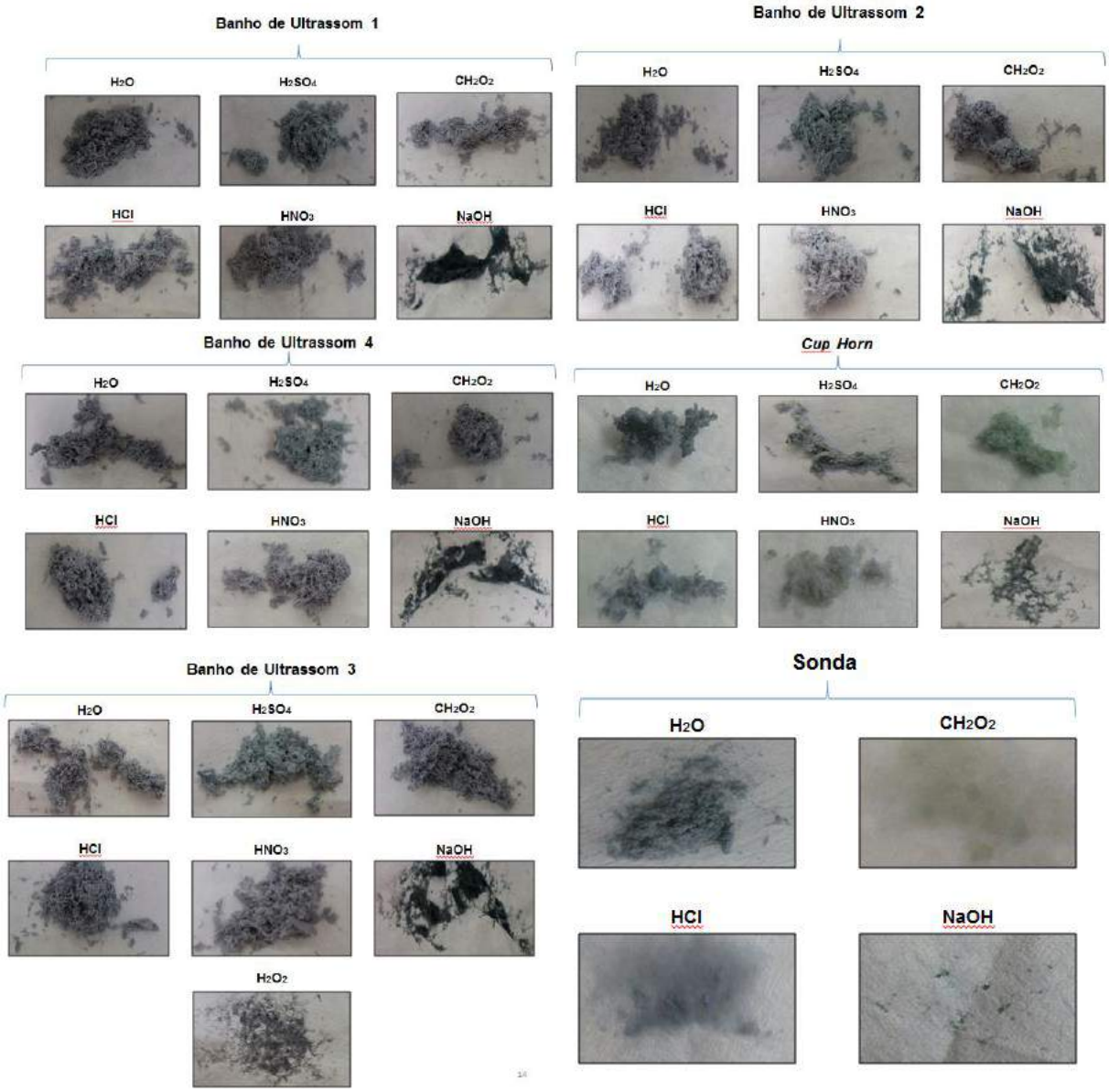



Figura 3. Amostras de couro após a avaliação das soluções extratoras nos diferentes sistemas de ultrassom.

Analisando as Figuras 2 e 3, é possível observar que o aspecto estrutural do couro é coerente com o rendimento de extração de cromo. Quanto maior a eficiência de extração, maior foi a degradação da amostra.

Outro aspecto importante a ser visualizado é que o banho 3 (37 kHz, 330 W e 12,9 L) apresentou melhor eficiência de extração do Cr em relação aos demais banhos. Assim como nos anteriores, houve a degradação da amostra para $H_2O_2$ e NaOH, porém em menor proporção. Devido a esse fato, o banho 3 foi selecionado para dar continuidade aos experimentos, com duas soluções extratoras que apresentaram melhor extração do Cr. O sistema do tipo *cup horn*, por apresentar elevada eficiência nas extrações de Cr nos ensaios univariados, também foi selecionado para os experimentos subsequentes.

Para o sistema do tipo sonda os resultados foram positivos, a remoção de Cr foi eficiente, mas praticamente todo o couro foi degradado, possivelmente pelo contato direto da amostra com a sonda no momento da sonicação. Sendo assim, o sistema de ultrassom do tipo sonda não foi utilizado nas otimizações empregando extração assistida por ultrassom.

Após a avaliação dos sistemas de ultrassom e das soluções extratoras, foram selecionados dois sistemas e duas soluções para experimentos subsequentes.

## 4. CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos resultados obtidos neste estudo, foi possível concluir que o método de extração assistida por ultrassom proposto é adequado para extração de Cr em amostras de couro residual. A partir dos ensaios obtidos através dos ensaios univariados, foram selecionadas as condições experimentais que apresentaram melhor recuperação do analito, para cada sistema utilizado.

Após a avaliação dos diferentes sistemas de US e soluções extratoras, o Banho 3, operando a 37 kHz, 330 We 12,9 L e o sistema de *cup horn* 750 W foram selecionados para continuação dos estudos utilizando as soluções de HCl e $H_2SO_4$, por apresentarem maior eficiência na remoção do Cr em relação aos demais sistemas, sem degradação da amostra. Uma vez que, a degradação da amostra é indesejada, e o intuito de remoção do cromo do couro é proporcionar seu posterior aproveitamento, como matéria-prima em diversos setores industriais.

## 5. AGRADECIMENTOS

À URI e à UFSM.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT, 2004. Associação Brasileira De Normas Técnicas- NBR 10004: *Classificação de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro.

Brown, D. A.; Glass, W. A.; Jan, M. R.; Mulders, R. M. W., 1986. Investigation of carboxylic acids for the extraction of chromium (III) from leather waste and the possible re-use of the extracted chromium in the tanning industry, *Environ. Technol. 7* p. 289-298.

Castro, M. D. L., Capote, F. P., 2007 *Analytical applications of ultrasound***.** Elsevier. Boston.

Coelho, L. C.; Ferreira, M. M.; Bastos, A. R. R.; Oliveira, L. C.A.; Ferreira, E. D. , 2015 Resíduo de curtumes como fonte de nitrogênio para trigo e arroz em sucessão. *Revista Brasileira de Ciências e do Solo*. V.39 n.5 Viçosa.

CETESB, 2014. Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. *Guia Técnico Ambiental De Curtumes*. 2ª Ed. São Paulo.

Dallago, R. M.; Oliveira, L. C. A.; Goncalves, M.; Oliveira, D. Q. L.; Guerreiro, M. C.; Guilherme, L. R. G., 2007. Solid waste from leather industry as adsorbent of organic dyes in aqueous-medium. *Journal Of Hazardous Materials. Estados* Unidos, v. 141, p. 344-347.

Dallago, R.M.; Smaniotto, A. & Oliveira, L.C.A., 2005. Resíduos sólidos de curtumes como absorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. *Química Nova*, 28:433-437.

Freitas, E. A., 2007. *Estudo comparativo das características do couro e efluente bruto de processo de curtimento convencional versus processo com reciclagem direta de banho de curtimento.* Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Campo Grande.

Garcia, N. G., 2015. *Descontaminação do resíduo industrial de couro, uma proposta para o desenvolvimento sustentável nos curtumes.* Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Presidente Prudente.

Mason T. J., 1990.Sonochemistry: the uses of ultrasound in chemistry. *The Royal Society of Chemistry.* Inglaterra.

Oliveira, D.Q.; Carvalho, K.T.; Bastos, A. R. R.; Oliveira, L. C. A. Marques, J. J. G. S. M.; Nascimento, R. S. M. P. N., 2008.*Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. Revista Brasileira Ciências do Solo.* v. 32, n. 1. Viçosa.

Suslick, K. S., 1989. The chemical effects of ultrasound, *Scientific American 260*, p. 80-86.

Taylor, M. M.; Diefendorf, E. J.; Na, G. C., 1990. Enzymic treatment of chrome shavings, *J. Amer. Leat. Chem. Assoc.* p. 129-133.

## 7. AVISOS DE RESPONSABILIDADE

Os autores Raquel Carla Zanatta, Rogério Marcos Dallago, Daniel Santos, Cezar Augusto Bizzi e Luciana Dornelles Venquiaruto, são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM DE CROMO EM COURO RESIDUAL DO PROCESSO "WET BLUE"

**Raquel Carla Zanatta**[(1)]
**Rogério Marcos Dallago**[(1)]
**Daniel Santos**[(2)]
**Cezar Augusto Bizzi** [(2)]
**Luciana Dornelles Venquiaruto**[(1)]
[(1)]Universidade Regional Integrada - Campus de Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
[(2)]Universidade Federal de Santa Maria.
raquelczanatta@gmail.com.br dallago@uri.com.br danielsantos1997@hotmail.com c_bizzi@yahoo.com.br venquiaruto@uricer.edu

***Resumo:*** *A transformação da pele animal em couro é realizada através do processo denominado curtimento, normalmente empregando sais de cromo como agente curtente. Este processo garante a estabilização da matriz, devido a formação de um complexo Cr-colágeno altamente estável, protegendo-a térmica e quimicamente, além do ataque enzimático e da degradação por microrganismos. A elevada concentração de cromo nos resíduos gerados no processo, torna-o um resíduo altamente poluidor, necessitando de uma disposição adequada para evitar o lixiviamento do Cr para o meio ambiente, com isso gerando altos custos. Assim, uma alternativa é buscar formas de reaproveitamento desse material. Neste contexto, a proposta de trabalho foi o desenvolvimento de um método de extração assistido por ultrassom para a remoção de cromo em resíduos de couro provenientes do processo "wet blue". Para tanto, foi feita uma avaliação multivariada, empregando um delineamento fatorial* $2^5$*, onde foram investigadas e otimizadas variáveis como temperatura, massa de amostra, tempo de sonicação, concentração da solução extratora e amplitude do US. Os valores considerados como referência para a extração foram obtidos por ICP OES, a partir da decomposição das amostras por via úmida. Pôde-se observar que o banho 3 utilizando HCl como solução extratora, apresentou maior eficiência na recuperação de Cr em amostras de couro residual, sendo a temperatura a variável de maior influência no processo.*
***Palavras-chave:*** *couro, remoção de cromo, ultrassom*

## 1. INTRODUÇÃO

A pele de bovinos é composta por três camadas: a epiderme, a hipoderme, e a derme. A derme é a camada intermediária, composta por uma complexa rede de fibras naturais de colágeno, utilizada para fabricação do couro. No qual, as propriedades biomecânicas das fibras de colágeno são estabilizadas pela fixação de agentes curtentes (Renner *et al.*, 2013).

A transformação da pele em couro pode ser divida em três etapas principais: a ribeira, o curtimento e o acabamento (Freitas, 2007; CETESB, 2014). O processo de curtimento com sais de cromo é o mais utilizado por indústrias do setor coureiro, principalmente por apresentar vantagens técnicas e econômicas. Nesse processo, ocorre a interligação dos grupos proteicos garantindo uma elevada estabilidade bioquímica e hidrotérmica (Wenzel, 2008; Dallago *et. al.*, 2005). As substâncias curtentes deslocam a água intercelular e se combinam com as fibras da matriz do colágeno. Ocorre a reticulação da cadeia, devido à formação do complexo Cr-colágeno. O cromo se liga à matriz do colágeno, por difusão nos grupos carboxílicos das cadeias laterais, formando uma ligação covalente coordenada altamente estável (Garcia, 2015).

Após as etapas de ribeira e curtimento, é necessário um acabamento das peças de couro. Esse processo consiste em um conjunto de etapas e operações físicas e/ou mecânicas que conferem ao couro um aspecto definitivo (CETESB, 2014). Nessa etapa são removidas as arestas e a parte inferior do couro, as quais não podem ser utilizadas para a confecção de roupas e assessórios. A quantidade de resíduo sólido (raspas e aparas) apresenta elevada concentração de Cr, sendo considerado um resíduo de alto potencial poluidor (Coelho, 2015; CETESB, 2014). Com isso, torna-se necessário o tratamento e disposição adequada para evitar o lixiviamento do cromo para o meio ambiente (Dallago *et al.*, 2005).

Por se classificar como um resíduo de classe I (perigoso) (ABNT NBR-10004/2004), seu descarte deve ocorrer em aterros industriais, devidamente licenciados. No entanto, por ser volumoso devido a seu aspecto físico na forma de serragem, torna este processo oneroso para as empresas geradoras deste resíduo.

Uma forma para reduzir estes custos e contribuir com o meio ambiente seria buscar alternativas para seu reaproveitamento. A principal limitação na reutilização dos resíduos de couro é a remoção de cromo sem provocar a degradação e/ou gelatinização do colágeno (Oliveira *et al*., 2008). Assim, torna-se necessário desenvolver métodos de extração que possibilitem a remoção de cromo com elevada eficiência, visando manter a integridade da matriz de colágeno (Brown *et al.*, 1986; Taylor *et al.*, 1990).

O ultrassom é considerado uma fonte de energia promissora para os processos de extração (Mason, 1990). A utilização do ultrassom em processos de remoção de contaminantes é uma alternativa simples para processos de elevados custos e/ou toxicidade. A extração assistida por ultrassom (UAE) vem sendo utilizada para a remoção de metais pesados em inúmeras matrizes, como por exemplo, solos e sedimentos, alimentos, frutas, ração animal, entre outros. A UAE é baseada na ação de ondas mecânicas de baixa frequência as quais resultam na cavitação (áreas pontuais de alta pressão e temperatura), facilitando o processo de extração dos contaminantes (Freitas *et al.*, 2015).

Neste contexto, a proposta deste estudo foi desenvolver um método de preparo de amostra fundamentado na UAE para subsequente determinação de Cr em couro residual. Para tanto, foram utilizados sistemas de ultrassom do tipo banho, *cup horn* e sonda. Inicialmente, foram feitos experimentos univariados com diferentes soluções extratoras em estudos prévios. Esses experimentos foram aplicados com o objetivo de verificar quais variáveis apresentavam maior influência nas extrações. Em seguida, foi feita uma avaliação multivariada, empregando um delineamento fatorial, onde foram investigadas e otimizadas variáveis como temperatura, massa de amostra, tempo de sonicação, concentração da solução extratora e amplitude do US. Os valores considerados como referência para a extração foram obtidos por ICP OES, a partir da decomposição das amostras por via úmida.

## 2. METODOLOGIA

Em estudos prévios, as amostras de couro residual foram submetidas a um processo de decomposição por via úmida em sistema aberto, utilizando um bloco digestor, para posterior caracterização da amostra. A determinação dos analitos foi feita por ICP OES e a morfologia da amostra foi analizada por MEV.

No primeiro momento do estudo, ensaios univariados foram feitos com o intuito de selecionar o sistema de ultrassom que apresentasse melhor eficiência na remoção do Cr, sem degradação total da amostra. Os sistemas utilizados foram Banhos de US (1 a 4), *Cup Horn* e Sonda. Bem como a avaliação da solução extratora nos diferentes sistemas. Para as extrações foram utilizados 20 mL das soluções de $H_2O_2$, $H_2O$, NaOH, $H_2SO_4$, $HNO_3$, HCl e $CH_2O_2$ (5% v/v).

Após a avaliação dos diferentes sistemas de US e soluções extratoras, o Banho 3, operando a 37 kHz, 330 W e 12,9 L, utilizando 20 mL das soluções de HCl e $H_2SO_4$ e o sistema de *cup horn* 750 W, utilizando 20 mL de $H_2SO_4$ como solução extratora, foram selecionados para continuação dos estudos.

Após a análise dos resultados obtidos pelos ensaios univariados, foi proposto um planejamento fatorial completo $2^5$, incluindo 10 pontos axiais com 3 repetições no ponto central, totalizando 77 ensaios. As variáveis avaliadas nesse estudo foram temperatura (10, 30, 50, 70 e 90 ºC), tempo de sonicação (1, 10, 20, 30 e 40 minutos), amplitude do ultrassom (10, 30, 50, 70 e 90%), massa de amostra (150, 250, 350 e 450 mg) e concentração da solução extratora (0,1, 1, 2, 3 e 4 mol $L^{-1}$). Este estudo foi realizado nos sistemas do tipo *cup horn* de 750 W e 20 kHz, utilizando 20 mL de HCl como solução extratora. E também no banho 3 (37 kHz), utilizando 20 mL de HCl e $H_2SO_4$ como soluções extratoras.

Depois de realizadas as extrações, as amostras foram centrifugas e os analitos foram quantificados por ICP OES e, com o auxílio do *software* StatSoft Statistica, foi feito o estudo dos efeitos das variáveis. O delineamento composto central rotacional é utilizado como uma ferramenta para selecionar as variáveis de maior influência no sistema, com o objetivo de definir um ponto de partida para as condições experimentais.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Remoção do cromo do couro a partir da extração assistida por ultrassom

Através dos resultados obtidos por ICP OES, foi possível observar que para o Banho 3 (330 W de potência e 37 kHz de frequência), utilizando 20 mL de ácido sulfúrico 1 mol $L^{-1}$ como solução extratora, a extração de Cr foi de 38,4 % utilizando 150 mg de amostra, 30 % de amplitude, 30 ºC e 30 minutos de sonicação. É importante ressaltar que nessas condições a amostra não foi degradada. Também em relação ao Banho 3, foi possível a extração de 80,8 % de Cr, porém neste caso, a amostra foi parcialmente degradada (restando poucos sólidos em solução). As condições experimentais empregadas foram as mesmas para massa de amostra, temperatura e tempo, variando somente a amplitude para 70 % e a concentração do ácido para 3 mol $L^{-1}$.

Ainda em relação à extração de Cr utilizando o sistema anterior (banho 3), porém com 20 mL de ácido clorídrico como solução extratora, foi possível obter eficiência de extração de 44,8 % (sem degradação da matriz) e 87,8 % (com total degradação da matriz). As condições utilizadas para a extração sem degradação foram 150 mg de amostra, 30 % de amplitude, 30 ºC e 10 minutos de sonicação e concentração do ácido de 3 mol $L^{-1}$. Já para a extração com degradação foi empregado 30 ºC, 70 % de amplitude, 30 minutos de sonicação, 150 mg de amostra e HCl 3 mol $L^{-1}$.

Para o sistema de ultrassom do tipo *cup horn* (750 W de potência e 20 kHz de frequência), foi utilizado ácido clorídrico como solução extratora, a extração do Cr foi de 28,5 % e 80,4 %. As condições empregadas foram, 30 % de amplitude, 30 minutos de sonicação, 70ºC, 150 mg de amostra, HCl 1 mol $L^{-1}$ e 30 % de amplitude, 30 minutos de sonicação, 70ºC, 350 mg de amostra, HCl 1 mol $L^{-1}$, respectivamente.

Em comparação aos dois sistemas e às duas soluções extratoras, foi possível concluir que o banho 3 utilizando HCl como solução extratora, apresentou melhor eficiência de recuperação de Cr em amostras de couro residual**.**

### 3.2. Otimização da extração assistida por ultrassom utilizando delineamento fatorial fracionado $2^5$

Na figura 1 é possível observar as variáveis que possuem efeito positivo ou negativo no sistema em estudo, a partir dos diagramas de Pareto.

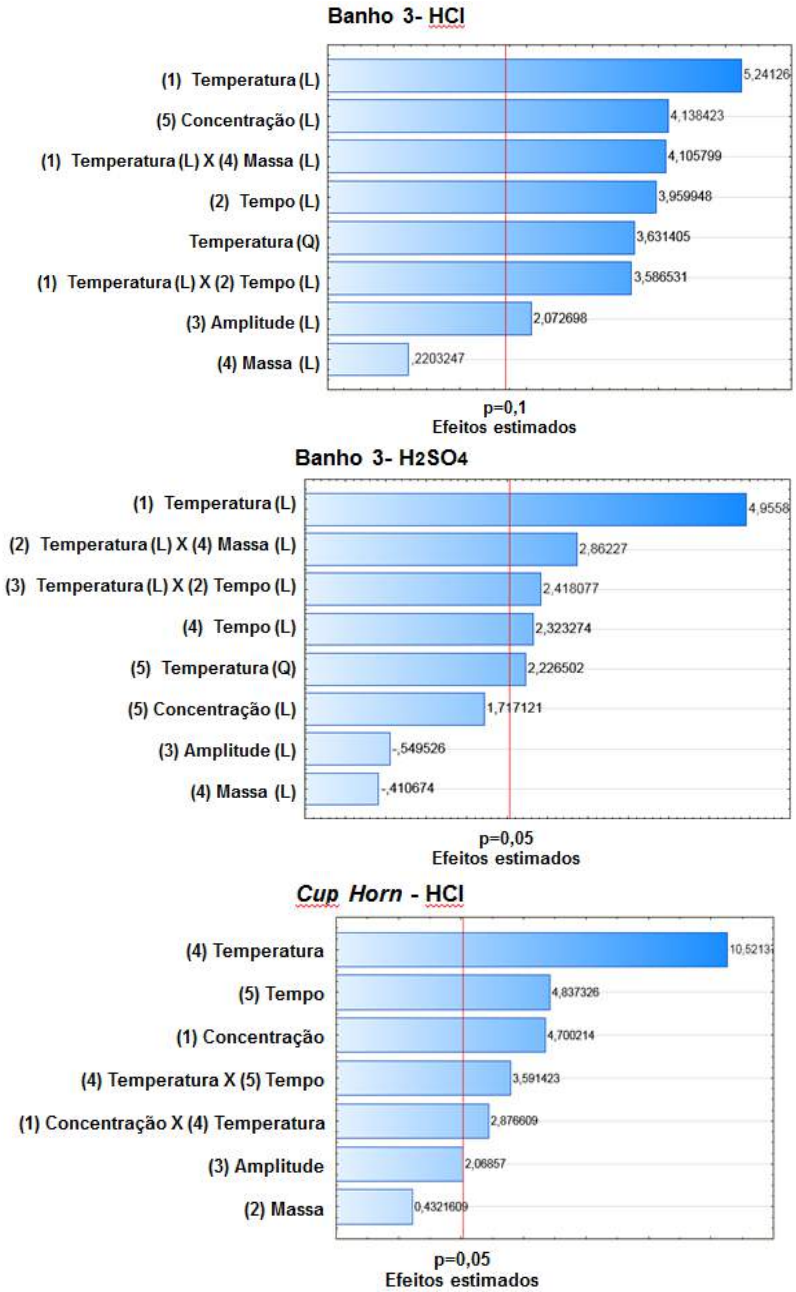



Figura 1. Efeitos entre as variáveis mostrados a partir dos diagramas de Pareto para o delineamento composto central rotacional aplicado para o sistema de banho 3 e *cup horn* para as soluções extratoras de HCl e $H_2SO_4$.

De acordo com os diagramas de Pareto (Figura 1), é possível observar que para o Banho 3, utilizando $H_2SO_4$ como solução extratora, a amplitude e a massa de amostra apresentaram efeitos negativos e a concentração não apresentou efeito significativo para a extração do analito. A temperatura apresentou efeito de maior significância em relação às recuperações de Cr para esse sistema.

Para o sistema do tipo Banho 3 (37 kHz), utilizando como solução extratora o HCl, praticamente todas as variáveis apresentaram influência significativa para o sistema, com excessão a massa de amostra. Novamente a temperatura foi a variável de maior efeito para a extração do analito.

Para o sistema do tipo *cup horn*, a massa e a amplitude não apresentaram efeitos relevantes para a extração. Novamente, a temperatura foi a variável que mostrou maior influência no sistema.

As superfícies de resposta são técnicas estatísticas empregadas para determinar quais variáveis possuem influência no sistema em estudo, com o intuito de otimização desta resposta. Nas Figuras 2, 3 e 4 é possível observar as superfícies de resposta geradas para os sistemas de ultrassom do tipo banho 3 (330 W - 37 kHz) e *cup horn* (130 W - 20 kHz). As soluções extratoras utilizadas foram ácido clorídrico e ácido sulfúrico.

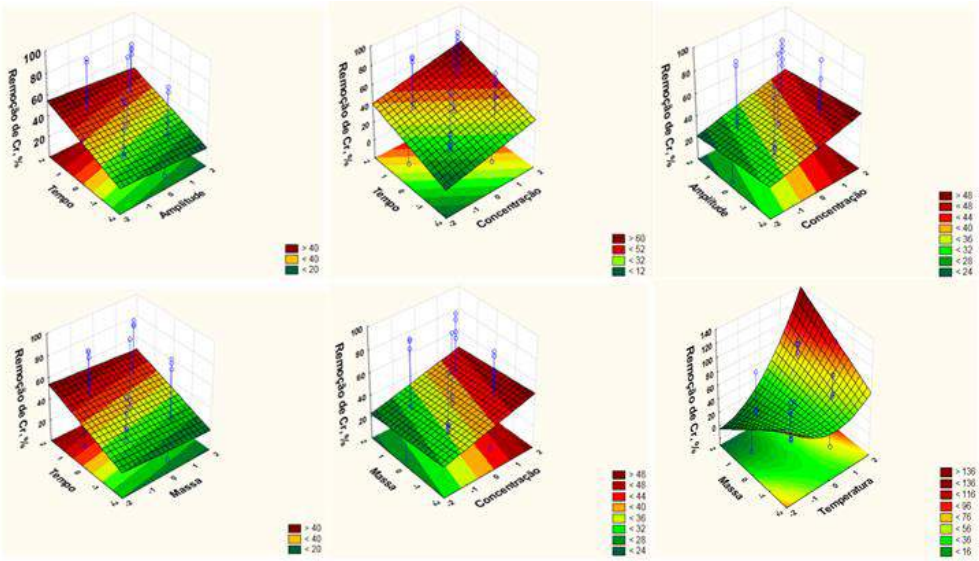



Figura 2. Superfícies de respostas geradas para o sistema de ultrassom do tipo banho de 330 W – 37 kHz (banho 3), para a solução extratora de $H_2SO_4$.

Como pode ser observado na Figura 2, algumas variáreis não possuem efeito para a extração do analito, como é o caso da primeira superfície de resposta, ao aumentar o tempo, a extração é favorecida, porém ao aumentar a amplitude, o sistema não é favorecido. Na última superfície é possível verificar que ao diminuir a massa e diminuir ou aumentar a temperatura, a remoção do analito é favorecida.

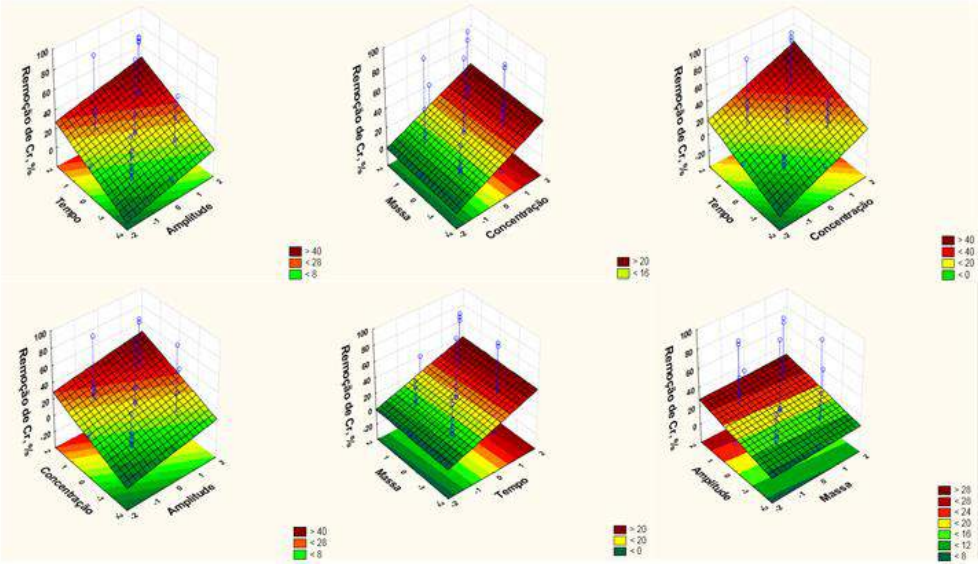



Figura 3. Superfícies de respostas geradas para o sistema de ultrassom do tipo banho de 330 W – 37 kHz (banho 3), para a solução extratora de HCl.

As superfícies geradas para o sistema do tipo banho 3, estão mostradas na Figura 3. Através destas, é possível observar que a massa foi uma variável que não apresentou efeito nas extrações. Sendo a concentração a variável com maior influência no sistema.

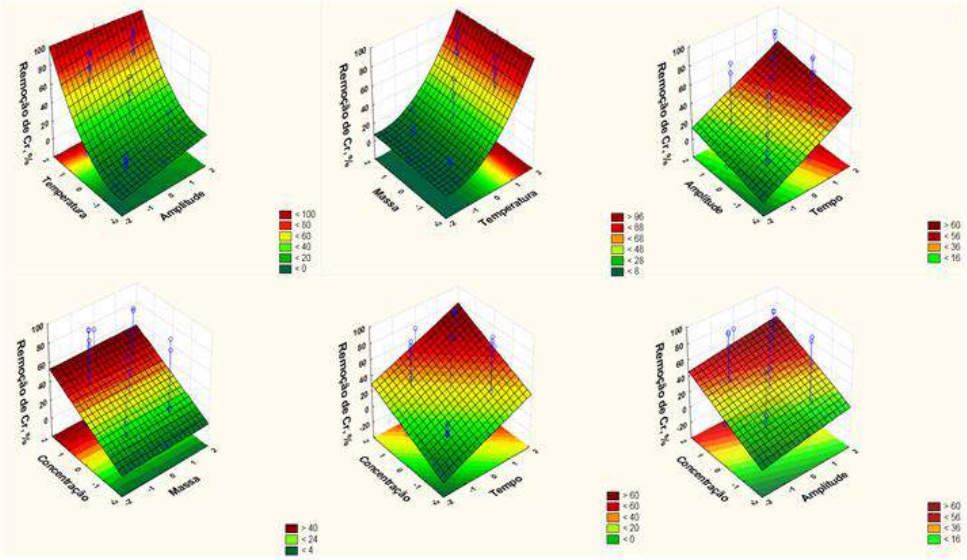



Figura 4. Superfícies de respostas geradas para o sistema de ultrassom do tipo *cup horn* de 750 W – 20 kHz, para a solução extratora de HCl.

Em relação às superfícies de resposta geradas para o sistema *cup horn,* pode ser verificado na Figura 4 que a amplitude e a massa não possuem influência significativa, mas o tempo, a temperatura e a concentração apresentam elevado efeito para a remoção do analito para esse sistema.

A partir do estudo dos efeitos das variáveis, utilizando o *software* StatSoft Statistica, foram elaboradas equações que podem servir de ferramenta para o ramo industrial. Através dessas equações, é possivel aplicar em escala industrial as condições experimentais que foram obtidas nos ensaios que apresentaram maiores recuperações do analito. As equações geradas para os sistemas de ultrassom do tipo Banho 3 com $H_2SO_4$, Banho 3 com HCl e cup horn com HCl estão mostradas a nas equações 1, 2 e 3, respectivamente.

Remoção de Cr, % = 36,23852 + 15,86057 *(Temperatura) + 8,45004 *(Temperatura)$^2$ + 7,43541 *(Tempo) – 1,75870 *(Amplitude) -1,31432 *(Massa) + 5,49548 *(Concentração) + 8,65226 *(Temperatura) *(Tempo) + 10,24165 *(Temperatura) *(Massa). (R= 0,59264 e Ajuste= 0,50211)

Equação 1. Equação para o sistema banho 3 com $H_2SO_4$ gerada a partir do *software* StatSoft Statistica.

Remoção de Cr, % = 17,89574 + 13,17138 *(Temperatura) + 10,82184 *(Temperatura)$^2$ + 9,95141 *(Tempo) + 5,20873 *(Amplitude) + 0,55369 *(Massa) + 10,39992 *(Concentração) + 10,07685 *(Temperatura) *(Tempo) + 11,53581 *(Temperatura) *(Massa). (R= 0,74918 e Ajuste= 0,69345)

Equação 2. Equação para o sistema banho 3 com HCl gerada a partir do *software* StatSoft Statistica.

Remoção de Cromo (%) = 36,09714 + 11,84813 *(Concentração) + 1,08937 *(Massa) + 5,21438 *(Amplitude) + 26,52188 *(Temperatura) + 12,19375 *(Tempo) + 7,25125 *(Concentração) *(Temperatura) + 9,05313 *(Temperatura) *(Tempo). (R= 0,87071 e Ajuste = 0,83719)

Equação 3. Equação para o sistema *cup horn* com HCl gerada a partir do *software* StatSoft Statistica.

As equações 1, 2 e 3, elaboradas pelo *software* StatSoft Statistica, relacionam as variáveis que influenciam no sistema em estudo, propondo um resultado teórico. Para a validação do modelo, estas equações devem ser aplicadas e os valores teóricos, gerados pelo sistema, devem apresentar coerência com os resultados obtidos pelos ensaios reais, quando ambos são submetidos às mesmas condições experimentais.

## 4. CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos resultados obtidos neste estudo, foi possível concluir que o método de extração assistida por ultrassom proposto é adequado para extração de Cr em amostras de couro residual. A partir dos ensaios obtidos pelo planejamento fatorial, foram selecionadas as condições experimentais que apresentaram melhor recuperação do analito, para cada sistema utilizado.

Através dos resultados obtidos, pôde-se observar que o Banho 3 utilizando HCl como solução extratora, apresentou maior eficiência na recuperação de cr em amostras de couro residual, sendo a temperatura a variável de maior influência no processo.

## 5. AGRADECIMENTOS

À URI e à UFSM.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT, 2004. Associação Brasileira De Normas Técnicas- NBR 10004: *Classificação de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro.

Brown, D. A.; Glass, W. A.; Jan, M. R.; Mulders, R. M. W., 1986. Investigation of carboxylic acids for the extraction of chromium (III) from leather waste and the possible re-use of the extracted chromium in the tanning industry, *Environ. Technol. 7* p. 289-298.

Coelho, L. C.; Ferreira, M. M.; Bastos, A. R. R.; Oliveira, L. C.A.; Ferreira, E. D., 2015. Resíduo de curtumes como fonte de nitrogênio para trigo e arroz em sucessão. *Revista Brasileira de Ciências e do Solo*. V.39 n.5 Viçosa.

CETESB, 2014. Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. *Guia Técnico Ambiental De Curtumes*. 2ª Ed. São Paulo.

Dallago, R.M.; Smaniotto, A. & Oliveira, L.C.A., 2005. Resíduos sólidos de curtumes como absorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. *Química Nova*, 28:433-437.

Freitas, E. A., 2007. *Estudo comparativo das características do couro e efluente bruto de processo de curtimento convencional versus processo com reciclagem direta de banho de curtimento.* Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Campo Grande.

Freitas, P. C.; Carvalho, R. M.; Silva, J. S. A.; Prado, T.; Duarte, E. L.; Frescura, V. L. A.; Chaves, E. S., 2015. Extração assistida por ultrassom para determinação colorimétrica de ferro em solo: uma comparação com espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado. *Química Nova*, v. 38 n. 4. São Paulo.

Garcia, N. G., 2015. *Descontaminação do resíduo industrial de couro, uma proposta para o desenvolvimento sustentável nos curtumes.* Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Presidente Prudente.

Mason T. J., 1990.Sonochemistry: the uses of ultrasound in chemistry. *The Royal Society of Chemistry.* Inglaterra.

Oliveira, D.Q.; Carvalho, K.T.; Bastos, A. R. R.; Oliveira, L. C. A. Marques, J. J. G. S. M.; Nascimento, R. S. M. P. N., 2008.*Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. Revista Brasileira Ciências do Solo.* v. 32, n. 1. Viçosa.

Renner, M.; Weidiner, E.; Geihsher, A., 2013. Clean Chromium Tanning without chromium and water residues. *Journal of the American leather Chemists Association*, v. 108, p. 289-293.

Taylor, M. M.; Diefendorf, E. J.; Na, G. C., 1990. Enzymic treatment of chrome shavings, *J. Amer. Leat. Chem. Assoc.* p. 129-133.

WENZEL, B. M., 2008. *Redução carbotérmica do cromo contido em cinzas do tratamento térmico de resíduos de couro visando a obtenção de liga ferrocromo e sulfato de cromo*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Porto Alegre**.**

## 1. AVISOS DE RESPONSABILIDADE

Os autores Raquel Carla Zanatta, Rogério Marcos Dallago, Daniel Santos, Cezar Augusto Bizzi e Luciana Dornelles Venquiaruto, são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROPRIEDADES FUNCIONAIS E TERMOGRAVIMÉTRICA DO GELATO DE SOJA

**Juliana Savio**
**Rosicler Colet**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Juliana Steffens**
**Eunice Valduga**
**Roberta Cristina de Souza**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Erechim
jusavio@yahoo.com.br
rosicler.colet@bol.com.br
ilizandrafernandes@yahoo.com.br
julisteffens@uricer.edu.br
veunice@uricer.edu.br
robertacristina89@hotmail.com

**Murilo Cezar Costelli**
**Gislaine Fátima Perin**
**Natalia Gatto**
**Vanessa Duz**
**Karine Marafon**
Unochapecó, Campus Chapecó
murilocostelli@unochapeco.edu.br
gislaineperin@unochapeco.edu.br
nataliagatto@unochapeco.edu.br
vanessaduz@unochapeco.edu.br
karinemarafon@unochapeco.edu.br

***Resumo.*** *Gelato é uma variação de sorvete, tipicamente italiano, mais denso e um produto muito apreciado por muitos. Algumas pessoas não podem usufruir dessa sobremesa, por apresentarem intolerância à lactose ou proteína presente no seu ingrediente principal, o leite. Criar alternativas, substituindo o leite por extrato hidrossolúvel de soja, que apresente as mesmas características de sabor e textura de um gelato convencional, atenderá a este público específico, assim como a sociedade em geral que é adepta a uma alimentação ausente de lactose. Portanto, o objetivo do trabalho foi elaborar e avaliar formulações de gelato a base de extrato hidrossolúvel de soja. Elaboraram-se formulações de gelato variando-se o teor de concentrado proteico de soja (2,95 a 5%) e gordura vegetal hidrogenada (10 a 20%), mantendo-se o teor dos demais componentes constantes. As formulações foram caracterizadas em relação a propriedades funcionais e estabilidade térmica. As amostras F1, F2 e F3 apresentaram comportamento reológico esperado para gelato, e a F1 apresentou maior estabilidade de proteína, desta forma, indicando ser possível a adição de até 5% (m/v) de concentrado proteico, 14% (v/v) de extrato hidrossolúvel de soja e 15% de gordura vegetal.*

***Palavras-chave:*** *gelato, extrato hidrossolúvel de soja, estabilidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

Algumas novidades na área de gelados comestíveis estão surgindo no mercado, com a intenção de abranger novos públicos e ganhar ainda mais a apreciação de seus consumidores. Uma das inovações nessa área é o gelato, que na Itália quer dizer uma sobremesa resfriada feita com leite integral, sem adição da gordura do leite, o que significa que a percentagem de gordura é em torno de 3,8% (Renhe, *et al*., 2015).

Tradicionalmente, o gelato, um gelado comestível tipicamente italiano, concentra pouco ar durante seu resfriamento, o que deixa sua consistência mais densa, não exigindo que seja mantido numa temperatura tão baixa quanto ao outro gelado comestível, o sorvete (Renhe, *et al*., 2015).

O consumo de sorvete no Brasil cresceu nos últimos anos, atingindo um valor de 1.002 milhões de litros em 2016. Em paralelo a esse dado, observa-se que a produção também apresentou um aumento, de 502 milhões de litros de

sorvete em massa produzidos em 2003, para 675 milhões de litros em 2016, demonstrando também um valor de 4,86 L/ano per capita (ABIS, 2017).

Uma das barreiras que está no caminho da expansão do consumo de sorvete é a preocupação com a saúde (Scheller, 2013). Com isso, a inovação em buscar produtos com aceitabilidade sensorial e sem efeitos adversos a saúde é um desafio da indústria que trabalha com esse segmento.

Um dos derivados da soja que apresentam grande possibilidade de elaborar produtos diferenciados é o extrato hidrossolúvel de soja, que pode ser utilizado como substituto do leite em muitas formulações, com várias vantagens, como por exemplo, a não existência da lactose em produtos tradicionais, que podem causar rejeição por problemas de intolerância a esse composto (Behrens e Silva, 2004), como fonte preventiva das doenças crônico-degenerativas, através dos fitoquímicos (isoflavonas) e alguns tipos de câncer, além de reduzir o colesterol (Silva, 2008; Bowles e Demiate, 2006).

Neste contexto, a elaboração de produtos derivados de soja, como o gelato, torna-se uma alternativa inovadora desse produto, que agrega valor a esta matéria-prima, contendo propriedades funcionais e com diferencial de ser isento de lactose e proteína do leite. A capacidade que as proteínas da soja possuem para melhorar certas propriedades num sistema alimentar, tais como a formação e a estabilidade de emulsão, depende de numerosos fatores. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades funcionais e estabilidade térmica de diferentes formulações de gelato de soja, obtendo um produto sem lactose e isento de proteína do leite.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Elaboração da Formulação

Para elaborar o gelato a base de extrato hidrossolúvel de soja, o mesmo foi extraído através da metodologia de Mandarino e Carrão-Panizzi (1999), no laboratório de Tecnologia de Alimentos da Unochapecó.

Para elaboração da formulação do gelato, foram adicionadas diferentes proporções dos ingredientes água, extrato hidrossolúvel de soja, sacarose, glicose, proteína de soja e gordura vegetal hidrogenada (conforme Tab. 1), sendo que a mistura formou-se uma calda e em seguida esta foi pasteurizada por 5 min a temperatura de 90 °C.

Tabela 1. Formulações dos gelatos de soja elaborados.

| **Ingredientes (%)** | **Formulações** | | |
|---|---|---|---|
| | **F1** | **F2** | **F3** |
| Extrato hidrossolúvel de soja | 14 | 14 | 14 |
| Água | 54 | 54 | 54 |
| Sacarose | 10 | 10 | 10 |
| Glicose | 5 | 5 | 5 |
| Proteína de soja | 5 | 5 | 2,95 |
| Gordura vegetal hidrogenada | 10 | 20 | 15 |
| Estabilizante | 2 | 2 | 2 |
| Emulsificante | 2 | 2 | 2 |

Após, resfriou-se a temperatura de 4 °C, adicionando nessa etapa o emulsificante e o estabilizante. Manteve-se a calda nesta temperatura por 24 h, para realizar a maturação. Finalizado esta etapa do processo, adicionou-se o saborizante. Homogeneizou-se a mesma em um liquidificador industrial, por 5 min, e acondicionou em sorveteira industrial (Fortfrio - modelo AA239), sendo realizado o batimento e resfriada até atingir uma temperatura de -3 °C.

Para finalizar o processo de elaboração, a massa foi acondicionada em recipientes de polipropileno com tampa, em um freezer e mantido a -20 °C. Através da elaboração do produto avaliou-se a propriedade funcional de desestabilização das proteínas e TGA – análise termogravimétrica das diferentes formulações.

### 2.2 Desestabilização

As amostras das formulações foram congeladas em ultra freezer a -18 °C. Após a etapa de congelamento o produto foi liofilizado (liofilizador Terroni Fauvel – LHO 400/2L) em parceria com a Universidade UDeLaR – Montivideo/Uruguai.

As formulações de gelato são uma mistura de emulsão, espuma e suspensão, assim para caracterizar a desestabilização destas amostras realizou-se a reconstituição das mesmas. Após foi realizada a diluição de 10 vezes, pesando 4,6 g de cada amostra e adicionado 54 mL de tampão fosfato de sódio pH 7. As emulsões foram preparadas à

temperatura ambiente por um homogeneizador Ultraturrax T25 (IKA-Labortechnik), utilizando um acessório dispersante S25 N-10 G a uma velocidade de 20.000 rpm durante 1,5 min. Analisou-se a estabilidade com um analisador óptico vertical (Classic MA2000 Turbiscan). As emulsões foram colocadas em uma célula de vidro cilíndrico (80 mm) para registrar a desestabilização, dependendo da altura da célula, medindo a cada 15 min durante 5 h.

A desestabilização total (%D) foi calculada aos 40 mm de altura do tubo através da Eq. (1):

$$\%D = \frac{RD_{t=5h} - RD_{t=0h}}{RD_{t=0h}} \quad (1)$$

RD é a retrodispersão aos 40 mm de altura do tubo aos tempos 0 e 5 h.

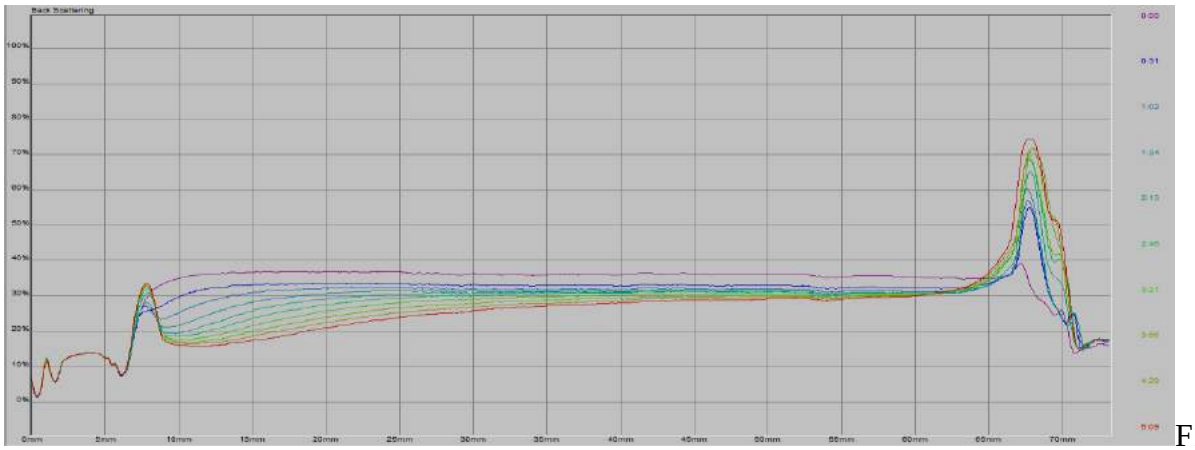
### 2.3 TGA – Análise Termogravimétrica

As análises termogravimétricas foram realizadas em um equipamento TGA (marca TA Instruments, modelo Q500). O tamanho médio das amostras foi de 11,7 mg, foram colocadas em panela de platina, e aquecidas em fluxo de nitrogênio (40 $cm^3$/min) em uma faixa de temperatura de 40-600 °C, com taxas de aquecimento de 10 °C/min para cada amostra.

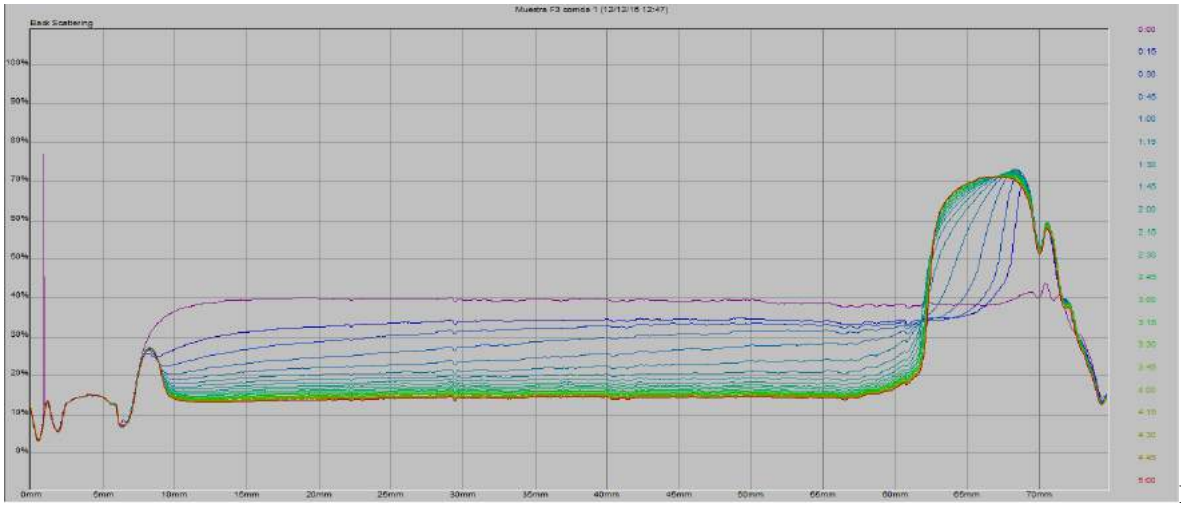
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Desestabilização das proteínas

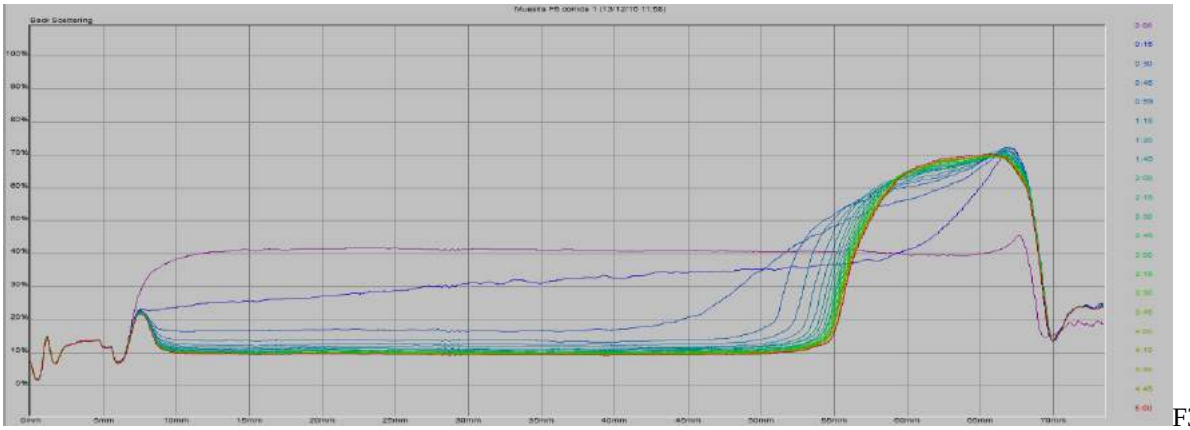
A Fig. 1 apresenta o comportamento das formulações F1, F3 e F5, ao longo do tubo de medida. De acordo com a Fig. 1, observa-se que em 40 mm de altura de tubo há desestabilização por flotação e sedimentação, ou seja, é uma medida da desestabilização total.




F1




F2




F3

Figura 1. Comportamentos de sedimentação, flotação e sedimentação, acumulação de partículas pela flotação nas formulações F1, F2 e F3.

O Quadro 1 apresenta os comportamentos de sedimentação, flotação, acumulação de partículas e desestabilização total observadas ao longo do tubo de medida para as formulações de gelato.

Quadro 1 - Comportamentos de sedimentação, flotação, acumulação de partículas e desestabilização total observados ao longo do tubo de medida para as formulações de gelato de soja.

| **Amostra** | **Sedimentação[1]** | **Flotação[2]** | **Acumulação de partículas[3]** | **Desestabilização total (%)** |
|---|---|---|---|---|
| F1 | Não teve | De 10 até 65 mm | De 65 até 70 mm | 21.9 |
| F2 | Não teve | De 10 até 60 mm | De 60 até 70 mm | 63.4 |
| F3 | Não teve | De 10 até 60 mm | De 50 até 70 mm | 77.1 |

[1] Acrescentam retrodispersão ou *backscattering*, BS
[2]Devido ás gotas de óleo que vão para cima do tubo, diminuição de BS
[3]Devido ás gotas de óleo que sobem e ficam na superfície ou espuma

No Quadro 01 observa-se que F1, F2 e F3 não apresentaram sedimentação dos sólidos, devido ao efeito e concentração correta do estabilizante. Ao avaliar a flotação, acumulação de partículas e a desestabilização total, a amostra F1 pode ser considerada a formulação de melhor estabilidade, onde a estabilidade da emulsão aumenta com a elevação na concentração proteica e a F3 foi a menor estabilidade, apesar de não apresentar sedimentação, mas a alta porcentagem de ácidos graxos saturados na sua formulação é desvantajosa, pois quanto mais insaturada e quanto mais longa são as cadeias da gordura vegetal utilizada, mais pronunciada será a desestabilização da gordura (Granger, *et al.*, 2005). Não há na literatura estudos de desestabilização de proteínas em gelatos.

Su e Lannes (2012) observaram que a formulação do sorvete com gordura de palma apresentou as maiores diferenças entre as demais formulações, com gordura de cupuaçu e gordura hidrogenada, provavelmente pelo seu perfil de cristalização e por sofrer menor desestabilização da membrana dos glóbulos de gordura por parte do emulsificante.

### 3.2 TGA – Análise Termogravimétrica

A estabilidade térmica foi investigada usando TGA, e os traços de perda de massa e suas curvas diferenciais foram registradas na faixa de temperatura de 40–600 °C e mostradas na Fig. 2.

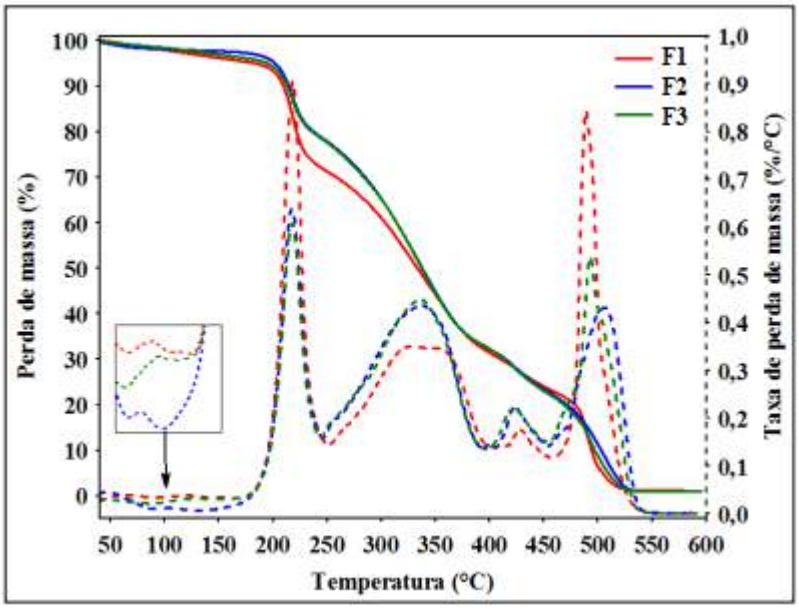



Figura 2. Resultados da análise termogravimétrica das formulações de gelato de soja F1, F2 e F3.

As curvas TGA para F1, F2 e F3 apresentaram comportamentos semelhantes com 4 faixas principais de perda de massa dos gelatos. Pode-se ver que há uma pequena perda de massa a temperaturas abaixo de 100 °C, o que é devido à perda de umidade. A primeira faixa, observada entre 180–250 °C pode ser relacionada à perda de água adsorvida e de ligação. A segunda faixa, observada entre 250–400 °C corresponde à decomposição da proteína de soja e o emulsificante dos gelatos. A terceira faixa, observada entre 400–460 °C e a quarta faixa de 460-540 °C, pode ser associada à degradação da proteína e gordura. Também é possível observar na Fig. 2, a curva F1 teve a maior perda de massa em relação às demais, devido a menor quantidade de proteína e gordura, diminuindo a estabilidade térmica. Não há na literatura estudos de análise termogravimétrica de gelatos.

## 4. AGRADECIMENTOS

À URI, CNPq, CAPES e Unochapecó pelo apoio financeiro e bolsas de estudos disponibilizadas para a realização deste trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS

ABIS, 2017. “Associação Brasileira De Sorvete, Estatística”. 11 Jun. 2017 <http://www.abis.com.br/estatistica_producaoeconsumodesorvetesnobrasil.html>.

Behrens, J.H. e Silva, M.A.A.P., 2004. “Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados”. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 24, n. 3, p. 431-439.

Bowles, S. e Demiate, I.M., 2006. “Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês”. *Ciências Tecnologias em Alimentos*, Vol. 26, n. 3, p. 652-659.

Granger, C., Leger, A., Bareyb, P., Langendorff, V. and Cansella, M., 2005. “Influence of formulation on the structural networks in ice cream”. *International Dairy Journal*, Vol. 15, n. 03, p. 255-262.

Mandarino, J.M.G. & Carrão-Panizzi, M.C.A., 1999. *Soja na Cozinha*, Londrina, Embrapa Soja. Documentos, 136, 59p.

Renhe, I.R.T., Weisberg, E. e Pereira, D.B.G., 2015. “Indústrias de gelados comestíveis no Brasil”. *Informe Agropecuário*, Vol.36, n.284, p.81-86.

Scheller, F., 2013. “A difícil arte de vender sorvete no Brasil”. *Economia & Negócios*, O Estado de São Paulo. São Paulo.

Silva, D.T., 2008. “Extrato de soja: caracterização, método de obtenção e composição benéfica para a saúde humana”. Pelotas.

Su, F. and Lannes, S.C.S., 2012. “Rheological Evaluation of the Structure of Ice Cream Mixes Varying Fat Base”. *Applied Rheology (Print)*, Vol. 22, p. 63871-1-63871-7.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA DE EXTRATO ETANÓLICO DE CASCA DE BANANA DA VARIEDADE CATURRA (*Musa* sp., SUBGRUPO CAVENDISH) OBTIDO POR MACERAÇÃO NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE ULTRASSOM

**Roberta Cristina de Souza**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
robertacristina89@hotmail.com

**Morgana de Marco**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
morganademarco@gmail.com

**NatáliaWoloszyn**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
natalia_wolo@hotmail.com

**Daniele Hamann**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
danielehamann@gmail.com

**Sandra Palavicini**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
spalavicini@emater.tche.br

**Rogério Luis Cansian**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
cansian@uricer.edu.br

**Natália Paroul**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av.Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP 99709-910
nparoul@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A banana é a segunda fruta mais consumida no Brasil, típica de regiões tropicais úmidas e apresenta propriedades nutricionais e terapêuticas. Sua alta perecibilidade faz com que seu destino industrial seja basicamente em preparações, como no preparo de doces. As cascas, principal resíduo durante o processamento, acabam sendo descartadas, sendo nelas encontradas alta quantidade de nutrientes e fibras. A obtenção e utilização de extratos é uma alternativa para a utilização da casca de banana. O objetivo do trabalho foi obter um extrato bruto da casca de banana da variedade Caturra (Musa sp., subgrupo Cavendish), avaliando a influência da extração por maceração alcoólica comum e com utilização de ultrassom, nas propriedades antimicrobianas e antioxidantes do extrato. No estudo, verificou-se que o extrato da casca de banana não possui atividade antimicrobiana frente à Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Escherichia coli e Salmonella choleraesuis. Já na atividade antioxidante, sem o uso de ultrassom apresentou atividade de 48,12%, em uma concentração de 2,5 mg.mL$^{-1}$ e com o uso de ultrassom de 44,19% em uma concentração de 0,25 mg.mL$^{-1}$, com IC50 de 2,59 e 0,27 mg.mL$^{-1}$, respectivamente. O uso de ultrassom para extração por maceração alcoólica é uma alternativa para otimizar o processo de extração.*

***Palavras-chave:*** *casca de banana, atividade antioxidante, atividade antimicrobiana.*

## 1. INTRODUÇÃO

Encontrada tipicamente em regiões tropicais úmidas, a banana apresenta propriedades nutricionais e terapêuticas, sendo cultivada amplamente em todo o trópico como fonte de alimento e renda (Pereira e Maraschin, 2009). O Brasil é o terceiro produtor mundial, com produção estimada em sete milhões de toneladas de bananas anuais, sendo a segunda fruta mais consumida no país, depois da laranja (IBGE, 2017).

A banana caracteriza-se por ser um alimento de alta perecibilidade e sua utilização em doces apresenta-se como uma alternativa para seu aproveitamento. Entretanto, na produção de polpas para doces e outros derivados, há grande produção de cascas, que apresentam teores de nutrientes maiores do que os das suas respectivas partes comestíveis, além de serem ricas fontes de fibras, que acabam sendo direcionadas para resíduo (Oliveira, *et al.*, 2009).

A casca da banana é tradicionalmente conhecida pelo uso direto no local de queimaduras e feridas, devido às suas propriedades cicatrizantes e, também, para superar ou prevenir doenças, como a depressão (Pereira, *et al.*, 2009). Autores como Mosa e Khalil (2015) identificaram compostos fenólicos, como os carotenoides α e β-caroteno e diferentes xantofilas, os quais podem sugerir propriedades antioxidantes, como as encontradas pelos autores González-Montelongo, *et al.* (2010a). Compostos fenólicos foram encontrados na casca de banana (*Musa acuminata* Colla AAA) em uma quantidade total que variou de 0,90 a 3,0 g.100 $g^{-1}$ de peso seco (Nguyen, *et al.*, 2003). Someya, *et al.* (2002) identificaram a galocatequina na concentração de 160 mg.100 $g^{-1}$ de peso seco.

Diferentes técnicas de extração são utilizadas, sendo as principais por destilação a vapor (por técnicas de arraste a vapor) e por extração com solventes (Stratakos e Koidis, 2016; Bizzo, *et al.*, 2009). A extração de compostos da casca de banana sem pré tratamento e a avaliação das suas propriedades ainda é pouco estudada na literatura. Extratos com ação antioxidantes e antimicrobiana de casca de banana foram obtidos a partir de cascas pré tratadas por branqueamento (Hernández-Carranza, *et al.*, 2016; Rebello, *et al.*, 2014), secagem, seguida de moagem (Jain, 2011) e após aplicação de nitrogênio líquido (Vu, *et al.*, 2016; González-Montelongo, *et al.*, 2010b).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estudar o extrato bruto da casca da banana sem pré tratamento obtido pelo método de extração com solvente orgânico, a partir da técnica de maceração na presença e ausência de ultrassom, avaliando as propriedades antioxidantes e antimicrobianas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Material

As bananas da variedade Caturra (*Musa* sp., subgrupo Cavendish) foram adquiridas em comércio local da cidade de Erechim, Rio Grande do Sul. As bananas estudadas apresentavam manchas pretas características de estado de maturação (Matias, *et al.*, 2008). As cascas das bananas foram removidas longitudinalmente e fracionadas em comprimentos médios de 1 cm e avaliadas na forma *in natura* (sem pré-tratamento).

O teor de umidade e substâncias voláteis foram determinados conforme o método n° 950.46B da AOAC (1990). Cadinhos de alumínio foram previamente aquecidos em estufa a 105 °C por 1 h, resfriados em dessecador com agente dessecante de sílica gel, até temperatura ambiente e medidas suas massas. A massa de casca de banana (10 g) foi colocada nos cadinhos de alumínio, aquecida em estufa a 105 °C por 3 h, resfriada em dessecador até temperatura ambiente e pesada, até peso constante. O cálculo da umidade da amostra foi calculado através da Eq. (1), onde, $m_i$ é a massa inicial de amostra (g) e $m_f$ é a massa final de amostra (g):

$$Teor\ de\ umidade\ e\ voláteis\ (\%) = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} * 100\% \quad (1)$$

### 2.2 Método de Extração

Foi utilizado o método de extração com solvente orgânico por maceração com o solvente etanol P.A. (Exodo Científica, Brasil), na proporção 1:10 (massa base seca:volume) (Rosso, 2009), com e sem auxílio de ultrassom. A proporção 1:10 foi escolhida visando uma quantidade de solvente suficiente para o completo contato da casca de banana com o solvente.

Para a maceração sem auxílio de ultrassom (340 g de casca de banana em 378 mL de etanol) a amostra ficou em extração por 24 h em temperatura ambiente (ao abrigo de luz) e, para maceração com auxílio de ultrassom (400 g de casca de banana em 444 mL de etanol) a amostra ficou 30 min a 20 °C em banho de ultrassom (LSUC2-120-5.5, Logen Scientific, Brasil) com frequência de 60 Hz para a extração, com proteção parcial da ação da luz.

O extrato de casca de banana foi obtido, após o período de extração, a partir da filtração da amostra com auxílio de papel filtro (J Prolab, 10 cm de diâmetro) e bomba a vácuo (Prismatec, Modelo: 131, 2VC, Brasil) para remoção dos sólidos e posterior evaporação do solvente em rota evaporador (Quimis, Modelo: Q 344B2, Brasil) a 55 rpm e 70 °C, por tempo necessário até completa evaporação de todo o solvente.

O rendimento do extrato alcoólico foi obtido através da Eq. (2):

$$Rendimento\ (\%) = \frac{m_{ext}}{m_a} * 100 \quad (2)$$

Onde, $m_{ext}$ é a massa (g) do extrato obtido (diferença entre a massa do balão de fundo redondo com a amostra, após a extração e a evaporação do solvente, pela massa do balão de fundo redondo) e $m_a$ é a massa (g) da casca de banana utilizada em base úmida ou seca.

Para análise antimicrobiana e antioxidante o extrato foi ressuspenso em etanol P.A. (Exodo Científica, Brasil), na proporção 1:10, visando proporcionar uma completa diluição do extrato e as concentrações de trabalho das análises.

### 2.3 Atividade Antimicrobiana e Antioxidante

As bactérias gram-positivas *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*, e bactérias gram-negativas *Escherichia coli* e *Salmonella choleraesuis* foram ativadas em caldo Lúria Bertani (10 g/L de triptona, 5 g/L de extrato de levedura e 5g/L de NaCl) durante 24 h a 36 ± 1 °C em estufa bacteriológica (J Prolab, Modelo: JP 101, Brasil).

Os testes de atividade antimicrobiana foram realizados pelo método de difusão em discos em papel Whatmann n° 3 com 10 mm de diâmetro, em placas de Petri com meio de cultura Ágar Müeller-Hinton (Merck, Alemanha), inoculadas por espalhamento em superfície das culturas ativas das bactérias. Em cada placa foi depositado um disco com volume de 20 µL de controle negativo (etanol P.A) e discos contendo 20, 15 e 5 µL do extrato de casca de banana (1 g de extrato para 10 mL de etanol P.A.).

Após a incubação das placas a 36±1 °C em estufa bacteriológica (J Prolab, Modelo: JP 101, Brasil) durante 48 h, os resultados foram analisados medindo-se o diâmetro do halo de inibição de crescimento das bactérias (mm), incluindo o diâmetro do disco de papel. Os testes foram realizados em triplicata.

A atividade antioxidante foi realizada pela metodologia baseada na medida da extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm. A determinação da atividade antioxidante foi realizada em duplicata, por espectrofotômetro (Pró-Análise, Modelo: UV-1600, Brasil).

A técnica consistiu na incubação por 30 minutos de 500 µL de uma solução etanólica de DPPH 0,1 mM com 500 µL de soluções contendo concentrações crescentes de extrato de casca de banana em etanol (amostras) ou de etanol P.A. (controle). As soluções denominadas "branco" foram preparadas usando diferentes concentrações do extrato em etanol, sem DPPH. O percentual de captação do radical DPPH foi calculado em termos da porcentagem de atividade antioxidante (AA%), conforme a Eq. (3):

$$AA\% = 100 - \frac{(Abs_{amostra} - Abs_{branco})}{Abs_{controle}} * 100 \quad (3)$$

Onde, $Abs_{amostra}$ é a absorbância da amostra, $Abs_{branco}$ é a absorbância do branco e $Abs_{controle}$ é a absorbância do controle.

Após a avaliação da faixa de concentração ideal, calculou-se a concentração de extrato necessária para capturar 50% do radical livre DPPH ($IC_{50}$) por análise de regressão linear (Silvestri, *et al.*, 2010). Os resultados foram expressos pela média aritmética dos valores obtidos nas duas repetições.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização da casca da banana e do extrato

A casca da banana apresentou 88,90% de umidade e o extrato alcoólico um rendimento de 2,72 e 2,83% (base úmida) ou 24,51% e 25,50% (base seca) para extração sem e com ultrassom, respectivamente. Este rendimento é inferior ao encontrado por Rosso (2009), que obteve em maceração alcoólica de casca de banana *in natura*, com umidade de 86,5%, um rendimento de 34% (base seca). Diferenças de rendimento de extração por maceração podem ocorrer por variações no tipo de solvente, temperatura e tempo de extração, mas principalmente, por falhas na filtração do macerado, recuperando no extrato partículas não solúveis.

Os extratos alcoólicos da casca da banana apresentaram diferença visual na coloração. O extrato obtido com uso de ultrassom apresentou coloração marrom escuro e para a amostra sem ultrassom o aspecto foi amarelo. Essa diferença de coloração pode estar relacionada com a ação de enzimas, como a polifenoloxidase (PFO) (Nguyen, *et al.*, 2003). A enzima PFO é capaz de oxidar compostos fenólicos com o auxílio de oxigênio molecular, resultando em compostos (quinonas) que se condensam e formam pigmentos escuros, denominados melaninas. Fatores externos como temperatura, oxigênio e luminosidade propiciam a ação das polifenoloxidades (Damodaran, *et al.*, 2010), o que sugere que ao utilizar o ultrassom, houve um aumento da temperatura da amostra pela própria ação do ultrassom e penetração de luz na parte submersa no banho ultrassônico, consequente ação da enzima e escurecimento do extrato. Jang e Moon (2011) relatam que o uso isolado do ultrassom não foi efetivo na inativação da PFO, levando a um ligeiro aumento da atividade da enzima. O aumento da temperatura pela ação do ultrassom é relatado por Dias, *et al.* (2015).

### 3.2 Atividade antimicrobiana

A atividade antimicrobiana por difusão em ágar sugeriu que não houve ação para nenhuma das concentrações dos extratos analisados em nenhum dos micro-organismos testados.

Na literatura há estudos que relatam atividade bactericida, fungicida, bacteriostática ou fungistática de extratos etanólicos de casca de banana contra bactérias e fungos (Sirajudin, *et al.*, 2014). Os extratos metanólicos da banana local da Nigéria inibiram efetivamente *Bacillus* sp., *Escherichia coli*, *Pseudomonas* sp., *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus* sp., porém sem ação para *Salmonella* spp. (Mordi, *et al.*, 2016). Asoso, *et al.* (2016) observaram que o extrato de metanol da casca de banana apresentou maior valor de inibição de bactérias patogênicas do que os extratos de etanol, e que o extrato de acetona de casca de banana não mostrou atividade antibacteriana em relação aos micro-organismos patógenos.

### 3.3 Atividade antioxidante *in vitro*

A Fig. 1 apresenta as curvas de calibração da atividade antioxidante do extrato bruto da casca de banana obtidos pelos dois métodos de extração. O resultado da análise antioxidante apresentou uma atividade máxima de 48,12%, para uma concentração de 2,5 $mg.mL^{-1}$ para o extrato sem o uso de ultrassom (Fig. 1.a). Para o extrato com o uso de ultrassom, a atividade antioxidante máxima foi de 44,19%, para uma concentração de 0,25 $mg.mL^{-1}$ (Fig. 1.b), ou seja, para alcançar uma atividade aproximadamente igual, com o uso de ultrassom foi necessária uma concentração de extrato 10 vezes menor do que sem o uso de ultrassom.

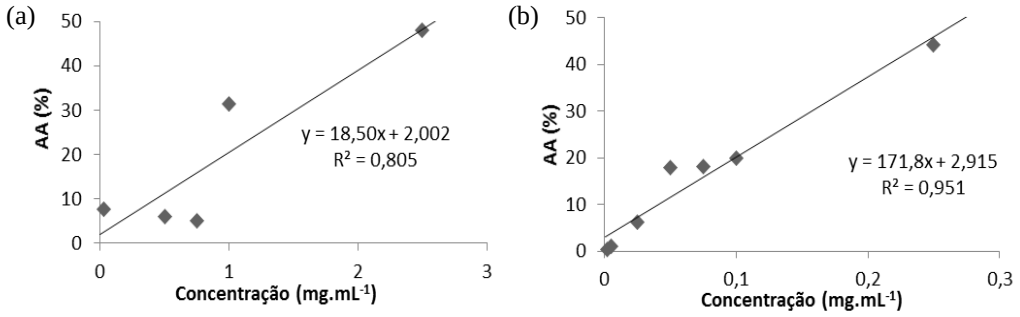



Figura 1. Curva de calibração da atividade antioxidante do extrato bruto da casca de banana obtido por maceração sem o auxílio de ultrassom (a) e com auxílio de ultrassom (b).

Pode-se perceber que o extrato obtido com o auxílio de ultrassom obteve uma atividade antioxidante maior que o extrato sem o ultrassom. Condições ultrassônicas, incluindo temperatura, tempo e potência e relação amostra/solvente, afetam o rendimento de recuperação de compostos fenólicos e propriedades antioxidantes da casca de banana (Vu, *et al.*, 2016).

Jovanović, *et al.* (2017) e Safdar, *et al.* (2017) também relataram maiores atividades antioxidantes e/ou compostos polifenóis pela extração com ultrassom, quando comparados com a maceração tradicional, com diferentes condições de processos, sugerindo que esse comportamento pode ser devido ao mecanismo de destruição das paredes celulares das plantas por ondas de ultrassom, resultando em uma maior penetração do solvente e em uma maior transferência de massa, a partir das vibrações mecânicas e ciclos de expansão e compreensão resultantes do método (Wang e Weller, 2006).

Comparando os resultados encontrados para maceração alcoólica de 48,12% com Rosso (2009), que obteve para o extrato do óleo essencial da banana uma atividade antioxidante de 85,70%, podemos observar que o resultado foi muito superior ao encontrado pelo presente trabalho, o qual sugere otimização do processo realizado.

As $IC_{50}$ obtidas para o extrato com e sem o uso de ultrassom foi de 0,274 $mg.mL^{-1}$ e 2,593 $mg.mL^{-1}$, respectivamente. Estes resultados foram determinados pela extrapolação das curvas de atividade antioxidante, uma vez que as atividades máximas obtidas foram próximas a 50%. Estas concentrações são altas, se comparadas com antioxidantes por excelência, como o ácido ascórbico ($IC_{50}$ = 0,002 $mg.mL^{-1}$), e o BHT ($IC_{50}$ = 0,005 $mg.mL^{-1}$). Porém, o resultado do extrato etanólico assistido por ultrassom, apresentou-se semelhante à de extratos vegetais de outras espécies com reconhecido potencial antioxidante, como a erva-mate (Cansian, *et al.*, 2008).

Rebello, *et al.* (2014) observaram que os extratos de casca de banana parecem agir melhor como um doador de hidrogênio (ensaio de capacidade de absorção de radicais de oxigênio - ORAC) do que como um doador de elétrons (ensaios com DPPH e ABTS). Desta forma a metodologia para determinação de ação antioxidante utilizada neste trabalho pode não ter evidenciado uma potencial ação do extrato.

Os resultados de $IC_{50}$ obtidos podem ser comparados e explicados segundo Wangensteen, *et al.* (2004) que encontraram valores de $IC_{50}$ de 389±5 e 510±12 $\mu g.mL^{-1}$ para folha e semente de coentro, respectivamente, e afirmaram que os compostos com maior capacidade de eliminação de radicais são de polaridade média, indicando que o bioativo estudado possui fraca atividade de eliminação de DPPH. Someya, *et al.* (2002) estudaram os compostos antioxidantes da

banana comercial *Musa* Cavendish e observaram que a capacidade antioxidante das bananas pode ser atribuída ao seu teor de galocatequina, composto este isolado do extrato da casca de banana com potencial atividade antioxidante.

Autores como González-Montelongo, *et al.* (2010a), através de estudos de condições de extração, propuseram condições de extração ótimas, as quais produzem atividade antioxidante máxima através da combinação de solvente de acetona e água (1:1), em temperatura e tempo otimizados (25°C, 120 min), quando comparada a metanol e etanol puros e suas misturas em água. O mesmo grupo de pesquisadores (González-Montelongo, *et al.*, 2010b) relataram que o número de etapas de extração, temperatura e tempo são os fatores mais efetivos associados às propriedades antioxidantes de extratos metanólicos da casca de banana, respectivamente.

A variedade da banana e o estágio de maturação da fruta também pode apresentar efeito significativo no total de compostos fenólicos e propriedades antioxidantes da casca de banana (Vu, *et al.*, 2018). Fatemeh, *et al.* (2012) evidenciaram a presença de mais compostos antioxidantes em casca verde do que em madura.

## 4. CONCLUSÃO

A casca de banana da variedade caturra (*Musa* sp., subgrupo Cavendish) sem pré tratamento possui potencial antioxidante. A obtenção de extrato alcoólico bruto assistido por ultrassom apresentou melhor resultado de atividade antioxidante quando comparado à extração via maceração convencional, embora não tenha sido possível afirmar que houve diferença em termo de rendimento. O extrato de casca de banana obtido não possui atividade antimicrobiana em testes de difusão em discos para as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e *Salmonella choleraesuis* nas concentrações avaliadas. Novos estudos devem ser direcionados às propriedades antioxidantes da casca de banana, utilizando-se de diferentes métodos e solventes para a extração, a fim de verificar condições otimizadas, assim como diferentes análises para a determinação da ação antioxidante.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq, FAPERGS e URI pela concessão de bolsas e apoio financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS

A.O.A.C. - Association of Official Agricultural Chemists, 1990. *Official methods of* analysis *of AOAC International*. Washington: AOAC International, 11ª edição.

ASOSO, O.S., AKHARAIYI, F.C. e ANIMBA, L.S., 2016. "Antibacterial Activities of Plantain (*Musa paradisiaca*) Peel and Fruit". *Der Pharmacia Lettre*, Vol. 8, n. 5, p. 5-11.

BIZZO, H.R., HOVELL, A.M.C. e REZENDE, C.M., 2009. "Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas". *Química Nova*, Vol.32, n. 3, p. 588-594.

CANSIAN, R.L., MOSSI, A.J., MOSELE, S.H., TONIAZZO, G., TREICHEL, H., PAROUL, H., OLIVEIRA, J.V., OLIVEIRA, D., MAZUTTI, M. e ECHEVERRIGARAY, S., 2008. "Genetic conservation and medicinal properties of mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.)". *Pharmacognosy Reviews*, Vol. 2, n. 4, p. 326-338.

DAMODARAN, S., PARKIN, K.L. e FENNEMA, O.R., 2010. *Química de alimentos de Fennema*. Porto Alegre: Artmed, 4ª edição.

DIAS, D.R.C., BARROS, Z.M.P., CARVALHO, C.B.O., HONORATO, F.A., GUERRA, N.B. e AZOUBEL, P.M., 2015. "Effect of sonication on soursop juice quality". *Food Science and Technology***,** Vol. 62, n. 1, p. 883-889.

FATEMEH, S.R., SAIFULLAH, R., ABBAS, F.M.A. e AZHAR, M.E., 2012. "Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: Influence of variety and stage of ripeness". *International Food Research Journal*, Vol. 19, n. 3, p. 1041–1046.

GONZÁLEZ-MONTELONGO, R., LOBO, M.G. e GONZÁLEZ, M., 2010a. "Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds". *Food Chemistry*, Vol. 119, n. 3, p. 1030-1039.

GONZÁLEZ-MONTELONGO, R., LOBO, M.G. e GONZÁLEZ, M., 2010b. "The effect of extraction temperature, time and number of steps on the antioxidant capacity of methanolic banana peel extracts". *Separation and Purification Technology*, Vol. 71, n. 3, p. 347-355.

HERNÁNDEZ-CARRANZA, P., ÁVILA-SOSA, R., GUERRERO-BELTRÁN, J.A., NAVARRO-CRUZ, A.R., CORONA-JIMÉNEZ, E. e OCHOA-VELASCO, C.E., 2016. "Optimization of antioxidant compounds extraction from fruit by-products: Apple pomace, orange and banana peel". *Journal of Food Processing and Preservation*, Vol. 40, n. 1, p. 103-115.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. "**Levantamento Sistemático da Produção Agrícola". 12 dez. 2017 <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola>. Acesso em: 12 dez. 2017.

JAIN, P., 2011. "Antibacterial and antioxidant activities of local seeded banana fruits". *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, Vol. 5, n. 11, p. 1398-1403.

JANG, J.H. e MOON, K.D., 2011. "Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid". *Food Chemistry*, Vol. 124, p. 444–449.

JOVANOVIĆ, A.A., ĐORĐEVIĆ, V.B., ZDUNIĆ, G.M., PLJEVLJAKUŠIĆ, D.S., ŠAVIKIN, K.P., GOĐEVAC, D.M. e BUGARSKI, B.M., 2017. "Optimization of the extraction process of polyphenols from *Thymus serpyllum* L. herb using maceration, heat- and ultrasound-assisted techniques". *Separation and Purification Technology*, Vol. 179, p. 369-380.

MATIAS, M.L., SILVA, E.O., FIGUEIREDO, R.W., OSTER, A.H., GARRUTI, D.S. e COSTA, J.N., 2008. "Caracterização dos estádios de maturação de banana resistente à Sigatoka negra – variedade caipira". In: 10° Congresso Brasileiro de Fruticultura. Vitória, Brasil.

MORDI, R.C., FADIARO, A.E., OWOEYE, T.F., OLANREWAJU, I.O., UZOAMAKA, G.C. e OLORUNSHOLA, S.J., 2016. "Identification by GC-MS of the components of oils of banana peels extract, phytochemical and antimicrobial analyses". *Research Journal of Phytochemistry*, Vol. 10, n. 1, p. 39-44.

MOSA, M.Z e KHALIL, A.F., 2015. "O efeito das cascas de banana complementou a dieta em ratos de insuficiência hepática aguda". *Anais de Ciências Agrícolas*, Vol. 60, n. 2, p. 373-379.

NGUYEN, T.B.T., KETSA, S. e VAN DOORN, W.G., 2003. "Relationship between browning and the activities of polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage". *Postharvest Biology and Technology*, Vol.30, n.2, p. 187-193.

OLIVEIRA, L.F., BORGES, S. V., NASCIMENTO, J., CUNHA, A.C., JESUS, T.B., PEREIRA, P.A.P., PEREIRA, A.G.T., FIGUEIREDO, L.P. e VALENTE, W.A., 2009. "Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa- Avaliação da Qualidade". *Alimentação e Nutrição*, Vol.20, n.4, p. 581-589.

PEREIRA, P.A.P., PEREIRA, A.G.T., FIGUEIREDO, L.P. e VALENTE, W.A., 2009. "Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa- Avaliação da Qualidade". *Alimentação e Nutrição*, Vol. 20, n. 4, p. 581-589.

REBELLO, L.P.G., RAMOS, A.M., PERTUZATTI, P.B., BARCIA, M.T., CASTILLO-MUÑOZ, N. e HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I., 2014. "Flour of banana (*Musa* AAA) peel as a source of antioxidant phenolic compounds". *Food Research International*, Vol. 55, p. 397-403.

ROSSO, S. R., 2009. *Aproveitamento do resíduo da agroindústria da banana: caracterização química e levantamento de parâmetros termodinâmicos.* Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SAFDAR, M.N., KAUSAR, T., JABBAR, S., MUMTAZ, A., AHAD, K. e SADDOZAI, A.A., 2017. "Extraction and quantification of polyphenols from kinnow (*Citrus reticulate* L.) peel using ultrasound and maceration techniques". *Journal of Food and Drug Analysis***,** Vol, p. 488-500.

SILVESTRI, J.D.F., PAROUL, N., CZYEWSKI, E., LERIN, L., ROTAVA, I., CANSIAN, R.L., MOSSI, A., TONIAZZO, G., DE OLIVEIRA, D. e TREICHEL, H., 2010. "Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.)". *Revista Ceres*, Vol. 57, n. 5, p. 589-594.

SIRAJUDIN, Z.N.M., AHMED, Q.U., CHOWDHURY, A.J.K., KAMARUDIN, E.Z., KHAN, A.V., UDDIN, A.B.M.H. e MUSA, N., 2014. "Antimicrobial activity of banana (*Musa* paradisiaca L.) peels against food borne pathogenic microbes". *Journal of Pure and Applied Microbiology*, Vol. 8, n. 5, p. 3627–3639.

SOMEYA, S., YOSHIKI, Y. e OKUDO, K., 2002. "Antioxidant compounds from bananas (*Musa* Cavendish)". *Food Chemistry*, Vol. 79, n. 3, p. 351-354.

STRATAKOS, A.C., KOIDIS, A., 2016. "Métodos para Extração de Óleos Essenciais". In: ____. *Óleos Essenciais em Preservação, Sabor e Segurança de Alimentos*. Academic Press, San Diego, p. 31-38.

VU, H.T., SCARLETT, C.J. e VUONG, Q.V., 2016. "Optimization of ultrasound-assisted extraction conditions for recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity from banana (*Musa* cavendish) peel". *Journal of Food Processing and Preservation*, Vol. 41, p. 13148.

VU, H.T., SCARLETT, C.J. e VUONG, Q.V., 2018. "Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review". Journal of Functional Foods, Vol. 40, p. 238-248.

WANG, L. e WELLER, C.L., 2006. "Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants". *Trends in Food Science & Technology*, Vol, p. 300-312.

WANGENSTEEN, H., SAMUELSEN, A.B. e MALTERUD, K.E., 2004. "Antioxidant activity in extracts from coriander". *Food Chemistry*, Vol. 88, n. 2, p. 293-297.

## COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITO DA AGITAÇÃO E AERAÇÃO NA BIOPRODUÇÃO DE PECTINASES TOTAIS POR *ASPERGILLUS NIGER* ATCC 9642 EM BIORREATOR COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

**Rosicler Colet***
**Luana Gayeski**
**Eunice Valduga**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Erechim
rosicler.colet@bol.com.br*
luanagayeski13@gmail.com
veunice@uricer.edu.br

**Lenara Meneghel Santa Catharina**
**Mauricio Moura da Silveira**
**Eloane Malvessi**
Universidade de Caxias do Sul, Biotecnologia, Caxias do Sul
lmscatharina@ucs.br
mmsilvei@ucs.br
emalvess@ucs.br

***Resumo***. *As pectinases são enzimas amplamente utilizadas em diversos segmentos industriais, como indústria de alimentos, tecidos, papel, antifúngicos entre outras. Para aumentar a viabilidade técnica e econômica do uso destas enzimas em diferentes processos é necessário a busca de alternativas para aumentar a estabilidade e a atividade enzimática. Além disso, ressalta-se a possibilidade neste caso da produção de pectinases por processos biotecnológicos, obtidos naturalmente, utilizando produtos agrícolas de baixo custo e/ou resíduos, como substratos, onde países em desenvolvimento podem investir neste campo de conhecimento, buscando competir neste mercado, principalmente o Brasil, devido à sua imensa biodiversidade, podendo reduzir a preocupação com a utilização de aditivos químicos em alimentos. Dentro deste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os parâmetros agitação e aeração na bioprodução de pectinases totais pelo fungo filamentoso Aspergillus niger ATCC 9642 em biorreator, empregando fermentação submersa com resíduos agroindustriais. Obteve-se a máxima bioprodução de pectinases totais de 39,8 U/mL, utilizando a 187,2 g/L de casca de laranja, 150 g/L de água de maceração de milho e 300 g/L de água parboilizada de arroz, pH incial 5,5, 30°C, 96 h, 180 rpm e 1,5 vvm, usando como meio de cultura resíduos agroindustriais, tornando-se uma alternativa para o aproveitamento dos mesmos, sendo estes fontes de carbono, nitrogênio e outros nutrientes e abundantes no Brasil.*

***Palavras-chave***: *Pectinases, fermentação submersa e co-produtos.*

## 1. INTRODUCÃO

No mercado mundial a diversidade industrial mostra um amplo campo de aplicação de enzimas, abrangendo as áreas como, alimentar, têxtil e química, apontando redução significativa da energia necessária para a obtenção de produtos manufaturados. As enzimas, com potencial tecnológico, são utilizadas como catalisadores de processo, com capacidade de transformar as matérias-primas em produtos com maior valor agregado, devido à facilidade de obtenção (por biotecnologia) e às vantagens em relação aos catalisadores químicos, como maior especificidade, menor consumo energético e maior velocidade de reação (Resende *et al.*, 2004)..

O mercado global de enzimas tem se mostrado em expansão, movimentando em torno de US$ 4,8 bilhões em 2013 e com projeção de ultrapassar 7,1 bilhões até 2018, mas o Brasil, apesar de ter enorme potencial de produção, ainda é basicamente um consumidor desses produtos importados, tornando-se necessário, o estudo avançado dessas enzimas, analisando novas fontes de extração economicamente viáveis, propriedades e condições ótimas de atuação (Dewan, 2014).

Dentre as enzimas produzidas comercialmente, destacam-se as enzimas pectinolíticas, ou pectinases, que atuam degradando as substâncias pécticas presentes na parede celular dos vegetais. Essas enzimas correspondem a 25 % das enzimas utilizadas na indústria de alimentos, onde sua principal aplicação é no processamento de frutas (Li *et al*., 2012),

redução da viscosidade, para melhorar a eficiência de filtração e de clarificação (Gummandi e Panda, 2003; Almeida *et al*., 2005; Zeni *et al*, 2014) no tratamento preliminar da uva em indústrias vinícolas; na maceração, liquefação e extração de tecidos vegetais; na fermentação de chá, café e cacau (Da Silva *et al*., 2005; Almeida *et al*., 2005; Kant *et al*., 2013) para melhorar a extração de óleos vegetais (Lima *et al*., 2005; Da Silva *et al*., 2005) na extração de polpa de tomate (Almeida *et al*., 2005) e no tratamento e degomagem de fibras naturais para as indústrias têxtil e de papel (Almeida *et al*., 2005; Kaur *et al*., 2004; Lima *et al*., 2005).

A habilidade para sintetizar enzimas pectinolíticas é muito comum entre os grupos de micro-organismos, mas os fungos são os preferidos em escala industrial, pois cerca de 90 % das enzimas produzidas podem ser secretadas no meio de cultura. A produção de pectinases por micro-organismos é influenciada pelas condições de cultivo, em particular do meio de cultura, tipo e concentração da fonte de carbono, pH e temperatura do cultivo, além de outros fatores (Blandino *et al*., 2002; Bravo *et al*., 2000).

Visando a redução de custos na bioprodução de pectinases, os resíduos agroindustriais como casca de café, casca e bagaço de frutas cítricas, farelo de trigo, bagaço de uva, bagaço de mandioca e bagaço de beterraba doce, água de maceração de milho e água de parboilização de arroz podem ser utilizados como substratos para a produção de compostos de maior valor agregado como enzimas, etanol, proteínas, ácidos orgânicos e compostos de aroma, desde que se escolha o micro-organismo apropriado ou adaptado para a finalidade desejada (Bravo *et al*., 2000). Neste contexto, a fermentação submersa devido a presença de água livre, garante maior homogeneidade ao meio e, desse modo, facilita o controle de parâmetros de processo como o pH, a temperatura e o suprimento de oxigênio, além de desempenhar um papel de destaque no aproveitamento de resíduos líquidos e sólidos, pois, em virtude do crescimento microbiano, ocorre a síntese de diversos compostos, dos quais as enzimas, de grande interesse para segmentos industriais, além de elevado valor agregado (Gomes *et al*., 2015).

Microrganismos aeróbios dependem obrigatoriamente da oferta e disponibilidade de oxigênio no meio de cultivo, aumentando sua demanda. Um biorreator indicado para este crescimento celular é o de aeração e agitação, uma vez que fornece a homogeneização, dispersão de gases, dispersão de líquidos imiscíveis e transporte de nutrientes e calor. O oxigênio que participará como aceptor final de elétrons da cadeia respiratória, que então será reduzido à água e permitirá ao reoxidação das coenzimas desta cadeia (Schmidell, 2001). Este processo permite a produção e armazenamento de ATP (energia), que será utilizado no metabolismo celular e síntese de moléculas necessárias para sobrevivência e proliferação celular, assim como a transformação da matéria-prima em produto final (Silva *et al*., 2001).

Neste contexto insere-se o objetivo deste trabalho, avaliar o efeito da agitação e aeração na bioprodução de pectinases totais pelo fungo filamentoso *Aspergillus niger* ATCC 9642 em biorreator, empregando fermentação submersa com resíduos agroindustriais.

## 2. METODOLOGIA

As enzimas foram produzidas a partir da cepa do fungo filamentoso de *Aspergillus niger* ATCC 9642, em meio com resíduos agroindustriais durante 5 dias a 30°C.

### 2.1 Bioprodução de pectinases totais com resíduos agroindustriais em biorreator

A bioprodução de pectinases totais em biorreator foi realizada empregando o meio maximizado em frascos agitados (187,2 g/L de casca de laranja, 150 g/L de água de maceração de milho, 300 g/L de água parboilização de arroz). O pH inicial de todos os ensaios foi ajustado a 5,5. Nos cultivos do biorreator (B. Braun Biostech modelo Biostat B, Alemanha), com volume total de 2 L usou-se volume de trabalho de 1 L, durante os cultivos, foi variada a frequência dos agitadores e a vazão específica (vvm - volume de ar por volume de líquido por minuto), conforme Tab. 1.

Tabela 1. Variáveis e níveis utilizados no planejamento fatorial completo $2^2$ na bioprodução de pectinase total em biorreator.

| ***Variáveis Independentes**** | ***Códigos*** | ***Níveis*** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***-1,41*** | ***-1*** | ***0*** | ***+1*** | ***1,41*** |
| Agitação (rpm) | $X_1$ | 180 | 241 | 390 | 539 | 600 |
| Aeração (vvm) | $X_2$ | 0,5 | 0,8 | 1,5 | 2,2 | 2,5 |

*Variáveis Independentes Fixas: 187,2 g/L de casca de laranja, 150 g/L de água de maceração de milho, 300 g/L de água parboilização de arroz, 30ºC, $pH_{inicial}$5,5 e concentração de esporos $5x10^6$ esporos/mL.

### 2.2 Atividade de pectinases totais

A atividade de pectinases foi avaliada pelo método descrito por Maiorano (1990) e modificado por Malvessi (2000). Este método é baseado na medida da redução da viscosidade de uma solução padrão de pectina 0,63 % (m/v) submetida à ação de enzimas pectinolíticas que rompem as ligações glicosídicas internas da cadeia de ácido poligalacturônico.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tab. 2 apresenta a matriz do planejamento fatorial completo $2^2$ (valores codificados e reais) e respostas em produção de pectinase total (U/mL) em biorreator e valores de pH após 96 horas de bioprodução.

Tabela 2. Matriz do planejamento fatorial completo $2^2$ (valores codificados e reais) e resposta em produção de pectinase total e pH em biorreator com resíduos agroindustriais.

| ***Ensaios*** | ****Variáveis Independentes*** | | ***Respostas*** | |
|---|---|---|---|---|
| | ***$X_1$ (rpm)*** | ***$X_2$ (vvm)*** | ***Pectinase Total (U/mL)*** | ***pH*** |
| 1 | -1 (241) | -1 (0,8) | 28,88 | 4,53 |
| 2 | 1 (539) | -1 (0,8) | 9,62 | 4,55 |
| 3 | -1 (241) | 1 (2,2) | 15,62 | 4,61 |
| 4 | 1 (539) | 1 (2,2) | 7,58 | 4,57 |
| 5 | -1,41 (180) | 0 (1,5) | 39,85 | 4,50 |
| 6 | 1,41 (600) | 0 (1,5) | 5,06 | 5,04 |
| 7 | 0 (390) | -1,41 (0,5) | 15,92 | 4,45 |
| 8 | 0 (390) | 1,41 (2,5) | 31,56 | 4,62 |
| 9 | 0 (390) | 0 (1,5) | 22,78 | 4,22 |
| 10 | 0 (390) | 0 (1,5) | 23,88 | 4,69 |
| 11 | 0 (390) | 0 (1,5) | 19,40 | 4,51 |

*$X_1$= agitação (rpm); $X_2$= aeração (vvm). Variáveis fixas: 187,2 g/L de casca de laranja, 150 g/L de água de maceração de milho, 300 g/L de água parboilização de arroz; 30 °C, pH 5,5 e 96 horas.

Verifica-se que a máxima atividade de pectinase total foi de 39,85 U/mL (Ensaio 5) com 180 rpm, taxa de aeração de 1,5 vvm, 187,2 g/L de casca de laranja, 150 g/L de água de maceração de milho, 300 g/L de água parboilização de arroz, empregando uma concentração de esporos de $5x10^6$ esporos/mL a 30°C e inicial pH 5,5. Em relação ao pH todos os ensaios do planejamento fatorial completo $2^2$ observou-se uma pequena variação de $pH_{final}$ ao comparar com o $pH_{inicial}$ do meio de bioprodução de 5,5, podendo ser explicado essa queda pela presença das cascas de laranja no meio de bioprodução.

A Figura 1 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas para a atividade de pectinase total, onde observa-se que a variável agitação apresentou efeito significativo negativo ($p<0,05$) sobre a produção de atividade da pectinase total, indicando que possivelmente a diminuição da agitação ocasionaria um incremento na atividade total.

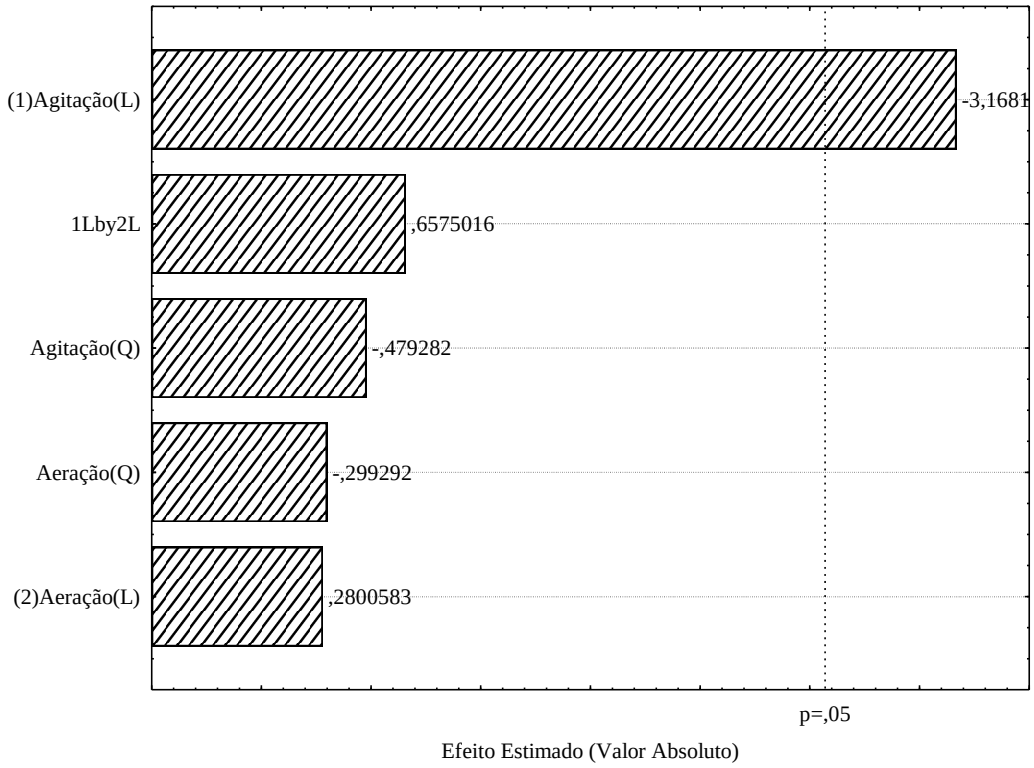



Figura 1. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial completo $2^2$, para a bioprodução de pectinase total (U/mL) em biorreator com resíduos agroindustriais.

É possível que a frequência de agitação do meio tenha influenciado a multiplicação e a morfologia do micro-organismo, afetando as características reológicas e, consequentemente a produção de enzimas. O mesmo foi observado Márquez-Rocha *et al.* (1999) onde o aumento de agitação ocasionou uma diminuição do tamanho dos *pellets* e a velocidade específica de crescimento *Pleurotus ostreatus* ECS- 0110 (IE8). Por sua vez, Treskatis *et al.* (1997) e Rossi *et al.* (2002) afirmam que o controle da morfologia e do tamanho dos *pellets* é importante para o aumento da produção enzimática dos fungos filamentosos em meio líquido, a fim de evitar a limitação de oxigênio no interior dos *pellets*, e consequentemente, a autólise da células. Em contrapartida, já foi demonstrado por Baley & Pessa (1990) que em cultivos de fungos filamentosos com altas frequências de agitação, pode provocar a ruptura do micélio, tendo Justen *et al.* (1996) sugerido que deve haver um balanço entre o efeito da agitação e a fragmentação do micélio.

Catharina (2013) avaliou diferentes concentrações das fontes de carbono (farelo de trigo, glicose e pectina), de fonte de nitrogênio inorgânico (sulfato de amônio) e de indutor (pectina) para a produção de pectinase total por *Aspergillus oryzae* IPT-301 em frascos agitados. A máxima atividade pectinolítica (13,5 U/mL) foi com o meio de bioprodução contendo 80 g/L de farelo de trigo e 3 g/L de sulfato de amônia.

## 4. AGRADECIMENTOS

À URI, FAPERGS e a CAPES pelo apoio financeiro e bolsas de estudos disponibilizadas para a realização deste trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS

Almeida, C., Brányik, T., Moradas-Ferreira, P. e Teixeira, J., 2005. “Use of two different carriers in a packed bed reactor for endopolygalacturonase production by a yeast strain”. *Process Biochemistry*, Vol. 40, n. 5, p. 1937-1942.

Bailey, M.J. and Pessa, E., 1990. “Strain and process for production of polygalacturonase”. *Enzyme Microbiology Technology*, Vol. 12, p. 266-271.

Blandino, A., Iqbalsyah, T., Pandiella, S.S., Cantero, D. e Webb, C., 2002. “Polygalacturonase production by Aspergillus awamori on wheat in solid-state fermentation”. *Applied Microbiology Biotechnology*, Vol. 58, p. 164–169.

Bravo, C.E.C., Carvalho, E.P., Schwan, R.F., Gómez, R.J.H.C. e Pilon, L., 2000, “Determinação de condições ideais para produção de poligalacturonase por Kluyveromyces marxianus”. *Ciência e Agrotecnologia*, Vol. 24, p. 137-152.

Catharina, L.M.S., 2013. *Avaliação da produção de pectinases por Aspergillus oryzae IPT-301 em processo submerso*. Dissertação – em Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul.

Da Silva, E.G., Borges, M.F., Medina, C., Picolli, R.H. e Schwan, R.F., 2005. "Pectinolytic enzymes secreted by yeasts from tropical fruits". *FEMS Yeast Research*, Vol. 5, n. 9, p. 859-865.

Dewan, S.S., 2014. "Enzymes in the fruit juice industry". In: Global markets for enzymes in industrial application – BIO030H. BBC Research. <http://www.bccresearch.com/market-research/biotechnology/enzymes-industrial-applications-bio030h.html>. Acessado em 01 de fevereiro de 2016.

Gomes, J., Danielli, A.J., Zeni, J., Santin, M., Cansian, R.L., Toniazzo, G. e Valduga, E., 2015. "Utilization of Orange Peel, Corn Steep Liquor, and Parboiled Rice Water in the Production of Polygalacturonase from Aspergillus niger". *Industrial Biotechnology (New Rochelle)*, Vol. 11, p. 284-291.

Gummadi, S.N. e Panda, T., 2003. "Purification and biochemical properties of microbial pectinases: a review". *Process Biochemistry*, Vol. 38, p. 987-996.

Justen, P., Paul, G.C., Nienow, A.W. e Thomas, C.R., 1996. "Dependence of mycelial morphology on impeller type and agitation intensity". *Biotechnology Bioengineering*, Vol. 52, p. 672-684.

Kant, S., Vohra A. e Gupta, R., 2013. "Purification and physicochemical properties of polygalacturonase from Aspergillus niger MTCC 3323". *Protein Expression and Purification*, Vol. 87 p. 11–16.

Kaur, G., Kumar, S. e Satyanarayana, T., 2004. "Production, characterization and application of a thermostable polygalacturonase of a thermophilic mould Sporotrichum thermophile Apinis". *Bioresource Technology*, Vol. 94, p. 239–243.

Li, C., Adamcik, J. e Mezzenga, R., 2012. "Biodegradable nanocomposites of amyloid fibrils and graphene with shape-memory and enzyme-sensing properties". *Nature Nanotechnology*, Vol. 7, n. 7, p. 421-427.

Lima, Á.S., Alegre, R.M., Meirelles, A.J.A., 2005. "Partitioning of pectinolytic enzymes in polyethylene glycol/potassium phosphate aqueous two-phase systems". *Carbohydrate Polymers*, Vol. 50, p. 63-68.

Maiorano, A.E., 1990. *Produção de pectinase por fermentação em estado sólido*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Malvessi, E. e Silveira, M.M., 2004. "Influence of medium composition and pH on the production of polygalacturonases by Aspergillus oryzae". *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 47, p. 693-702.

Márquez-Rocha, F.J., Guillén, G.K.N., Sánchez, J.E.V. e Vásquez-Duhalt, R., 1999. "Growth characteristics of pleurotus ostreatus in bioreactors". *Biotechnology Techniques*, Vol. 13, p. 23-32.

Resende, J.M., Chitarra, M.I.F., Maluf, W.R., Chitarra, A.B. e Saggin Júnior, O.J., 2004. "Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular". *Horticultura Brasileira*, Vol. 22, 2, p. 206-212.

Schmidell, W and Facciotti, M.C.R., 2001. *Biorreatores e Processos Fermentativos*. Cap. 8 in W.; Schmidell, W.; Lima, U.; A Aquarone, E.; Borzani, Engenharia Bioquímica (Biotecnologia Industrial), Ed. Edgard Blucher Ltda, Vol. 2, São Paulo.

Silva, D.P., Pessoa Jr., A., Roberto, I.C. and Vitolo, M., 2001. "Effect of agitation and aeration on production of hexokinase by Saccharomyces cerevisiae". *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Vol. 91, n.3, p.605-613.

Treskatis, S.K., Orgeldinger, V., Wolf, H. e Gilles, E.O., 1997. "Morphological characterization of filamentous microrganismn in submerged cultures by on-line digital image analysis and pattern recognition". *Biotechnology Bioengineering*, Vol. 53, p. 191-201.

Zeni, J., Gomes, J., Ambroszini, E., Basso, A.P., Toniazzo, G. e Valduga, E., 2014. "Experimental Design Applied to the Optimization and Partial Characterization of Pectin Liase from a Newly Isolated Penicillium brasilianum". *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 57, p. 908-915.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES DE QUEIJO IN-NATURA E ASSADOS FORMULADOS COM AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS

**Rosicler Colet***
**Ronei Dariva**
**Alexandra Manzoli**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Geciane Toniazzo Backes**
**Eunice Valduga**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Erechim
rosicler.colet@bol.com.br*
falecomorooney@hotmail.com
alexxiamanzoli@gmail.com
ilizandrafernandes@yahoo.com.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
veunice@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O pão de queijo é um produto típico da culinária mineira, que devido a aplicação de diferentes métodos de fabricação e obtenção, pode ser difundido em todo mercado nacional e internacional. O amido de mandioca é o principal ingrediente, tanto na forma nativa quanto modificada, entretanto as características de cada amido são únicas e tem efeito no produto final. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas dos pães de queijo in-natura e assados produzidos com amidos nativos e modificados em escala industrial. A partir da combinação dos amidos nativos e modificados foram produzidas 6 diferentes massas, onde os pães de queijo moldados antes de assar foram analisados quanto à altura, diâmetro e peso, e nos assados foram também avaliados os volumes, volumes específicos, densidade, índice de expansão e textura. Os diferentes amidos produziram efeitos significativos nas análises físicas de volume específico, densidade absoluta, índice de expansão, firmeza e características do miolo do produto final. Os amidos nativos apresentaram maior influência que os amidos acetilados pré-gelatinizados para os valores de volume especifico e densidade absoluta. Em geral os tratamentos com F1 apresentaram maiores valores de firmeza que os produtos com F2, sendo o tratamento M1 apresentou o maior (17,532N).*

***Palavras-chave:*** *Amido modificado, celíacos, pão de queijo.*

## 1. INTRODUÇÃO

O pão de queijo é um produto tradicional do estado de Minas Gerais, Brasil (Silva et al., 2009), cuja produção aumentou muito nos últimos anos em associação com o crescimento do mercado, incluindo a exportação do produto, que chegou a US$ 19,6 milhões em 2017 (Apex Brasil, 2017). O pão de queijo ocupa o 3º lugar na lista dos produtos panificados mais consumidos no país, representando um percentual de 31% do total de todos os produtos desta classe comercializados no país, o quitute mineiro ainda é o mais vendido nas cafeterias, lanchonetes e padarias do Brasil, representando 15% da vitrine de todos os salgados (Food Magazine, 2015).

O pão de queijo é fonte de carboidratos e contém quantidades consideráveis de proteínas, minerais e lipídios, por ter, entre seus ingredientes principais, além do polvilho ou fécula de mandioca, leite, queijo e ovo. O pão de queijo ainda pode ser consumido por pacientes celíacos, ou seja, por aqueles pessoas que apresentam intolerância à fração prolamina das proteínas presentes em alguns cereais, como trigo, centeio, cevada e aveia (Pereira *et al*., 2004; Acelbra, 2004).

O amido de mandioca constitui o principal ingrediente para fabricação do pão de queijo, entretanto as alterações decorrentes dos métodos de plantio, solo, sazonalidade, e técnicas de obtenção, fazem com que os amidos de mandioca comercializados para uso industrial apresentem características tecnológicas distintas, que afetam as propriedades reológicas da massa e a qualidade do pão de queijo (Aplevicz e Demiate, 2007).

A forma não modificada do amido tem uso limitado na indústria de alimentos. Os grânulos sem modificação se hidratam facilmente, incham rapidamente, se rompem e perdem viscosidade e produzem pasta com pouco corpo e muita coesão. Industrialmente é inconveniente a utilização do processo de escaldo do amido de mandioca (processo onde despeja-se sobre o amido uma mistura aquecida de óleo e água/leite para a gelatinização do amido de mandioca), devido aos gastos energéticos para prover o aquecimento de óleo e água, além da possibilidade de contaminação microbiana à

massa do produto, e desta forma podem ser associados amidos de mandioca modificados pré-gelatinizados a formulação, que são solúveis em água fria e desfazem a necessidade deste processo (Bello-Pérez *et al*., 2006).

O uso da modificação, física, química ou enzimática provem características importantes aos amidos de mandioca, entre elas podemos citar a maior resistência a ciclos contínuos de congelamento e descongelamento, maior estabilidade frente a temperatura, maior rendimento, melhoras nas características do gel (textura e consistência) e a solubilidade em água fria (Andrade, 2012).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi elaborar formulações de pão de queijo com diferentes amidos nativos e modificados e avaliar características físicas dos produtos produzidos em escala industrial.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Material e Delineamento Experimental

Neste estudo foram utilizadas duas marcas comerciais de amido nativo de mandioca (fécula de mandioca) (fécula de mandioca 1 (F1) e fécula de mandioca 2 (F2)) e três diferentes marcas comerciais de amidos de mandioca modificados obtidos por acetilação e pré-gelatinizados (amido modificado acetilado pré gelatinizado 1 (AM1) amido modificado acetilado pré gelatinizado 2 (AM2) e amido modificado acetilado pré gelatinizado 3 (AM3)).

Com estes ingredientes foram previamente desenvolvidas seis formulações (M1= F1 e AM1; M2= F1 e AM2; M3= F1 e AM3; M4= F2 e AM2; M5= F2 e AM3; M6= F2 e AM1) para os tratamentos, onde manteve-se inalterada a proporção de cada ingrediente na formulação padrão (Tab. 1), alterando-se os amidos nativos de mandioca entre as 2 marcas comerciais e as 3 marcas de amidos modificados acetilados pré-gelatinizados de mandioca citados.

Tabela 1. Formulação padrão dos pães de queijo.

| Ingredientes | Quantidades |
|---|---|
| Amido Nativo | 2,5kg |
| Amido modificado acetilado pré-gelatinizado | 375g |
| Óleo de soja | 900g |
| Margarina | 50g |
| Soro de leite em pó | 75g |
| Sal | 200g |
| Queijo parmesão desidratado | 50g |
| Ovo líquido pasteurizado | 1,0kg |
| Água | 2,3L |
| Queijo parmesão | 400g |

### 2.2 Processamento dos Pães de Queijo

Os pães de queijo foram produzidos em uma indústria local situada no município de Erechim, RS. O processamento tecnológico seguiu basicamente as etapas de: pesagem de matéria-prima, mistura dos ingredientes, obtenção da massa, extrusão, modelagem, congelamento e forneamento. Os pães de queijo foram assados em forno a gás modelo turbo gás V200 (Lieme, RS, Brasil) a 170ºC por 30 minutos com posterior acionamento da turbina por 4 minutos.

### 2.3 Caracterização dos Pães de Queijo Moldados (antes de assar)

Os pães de queijo moldados antes de assar foram analisados quanto à altura e o diâmetro das massas moldadas e congeladas por meio de um paquímetro analógico (Shymotoyo, Japão). O peso dos pães de queijo foi determinado em balança analítica (Shimadzu, AY220).

### 2.4 Caracterização dos Pães de Queijo (depois de assar)

O diâmetro e a altura das massas moldadas congeladas foram determinados por meio de paquímetro analógico (Shymotoyo, Japão) e o peso dos pães de queijo foi determinado em balança analítica (Shimadzu, AY220).

O volume do produto foi calculado subtraindo-se o volume do mesmo, do volume de sementes de painço colocadas em um recipiente com e sem o produto, obtendo-se o valor do volume em cm³, conforme Machado (2003). O volume especifico dos pães de queijo foi determinado pela razão entre o volume (cm³) e a massa (g).

A densidade absoluta dos pães de queijo foi determinada pela razão entre a massa (g) e o volume (cm³). O índice de expansão (IE) foi calculado pela razão entre o somatório das medidas dos diâmetros e alturas dos pães de queijo antes de assar dividido por 2 e as medidas dos diâmetros e alturas dos pães de queijo depois de assar dividido por 2, conforme a Equação 1 (Pereira, 2001).

$$\text{IE} = \frac{\text{diâmetro do pão de queijo} + \text{altura do pão de queijo}/2}{\text{diâmetro da massa moldada} + \text{altura da massa moldada}/2} \quad (1)$$

A textura dos pães de queijo foram avaliados após resfriamento de 15 min, em temperatura ambiente, através de Texturômetro (Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems). Para medição foi acoplado ao equipamento probe cilíndrico de 75 mm de diâmetro, sendo os valores da força de compressão expressos em N. A amostra foi comprimida em 50% do seu tamanho original, com velocidade de 1 mm/s, mantendo a compressão por 30s e retornando à posição inicial.

Os pães de queijo foram cortados longitudinalmente, sendo então observada visualmente a estrutura do miolo, seguindo a metodologia de Nagata (2011).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização dos Pães de Queijo In-natura e Assados

Na Tab. 2 são apresentados os resultados das características físicas dos produtos obtidos pelos 6 diferentes tratamentos, onde estão descrito os valores referentes a volume especifico, densidade absoluta, índice de expansão e textura, atributo este relacionado a firmeza (N) dos pães de queijo.

Tabela 2. Valores médios* e desvio padrão para os parâmetros físicos dos pães de queijo.

| Tratamento | Parâmetros Físicos | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Diâmetro antes de assar (mm) | Altura antes de assar (mm) | Peso antes de assar (g) | Diâmetro depois de assar (mm) | Altura depois de assar (mm) | Peso depois de assar (g) | Volume especifico (cm³/g) | Densidade absoluta (g/cm³) | Índice de expansão | Firmeza (N) |
| | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ | $\bar{X}$ $\sigma$ |
| M1 | 42,58 ab ±1,15 | 21,41 cd ±0,45 | 23,70 a ±0,41 | 53,57 a ±1,52 | 40,60 a ±1,58 | 18,57 b ±0,88 | 3,93 a ±0,31 | 0,26 d ± 0,02 | 1,47 a ±0,05 | 17,53 a ±0,95 |
| M2 | 44,17 a ±1,48 | 20,60 d ±0,90 | 22,34 b ±1,19 | 49,03 c ±1,73 | 33,91 c ±2,43 | 17,34 b ±0,47 | 3,76 a ±0,27 | 0,27 d ±0,02 | 1,28 b ±0,05 | 13,23 bcd ±0,81 |
| M3 | 40,45 c ±0,99 | 21,74 bc ±0,76 | 23,42 ab ±1,81 | 49,31 c ±2,27 | 36,21 b ±1,75 | 18,25 b ±0,59 | 3,31 b ±0,22 | 0,30 c ±0,02 | 1,37 ab ±0,05 | 16,29 ab ±1,39 |
| M4 | 41,42 b ±1,00 | 21,92 bc ±0,62 | 23,39 ab ±1,07 | 51,67 b ±1,25 | 33,46 c ±1,33 | 19,33 ab ±2,60 | 2,95 c ±0,34 | 0,34 b ±0,05 | 1,34 b ±0,04 | 10,06 d ±1,73 |
| M5 | 38,12 c ±0,62 | 23,20 a ±1,19 | 22,31 b ±1,06 | 50,77 bc ±1,73 | 34,94 bc ±1,80 | 18,86 ab ±0,64 | 2,58 d ±0,18 | 0,39 a ±0,03 | 1,40 ab ±0,05 | 11,51 cd ±1,02 |
| M6 | 42,61 ab ±1,29 | 22,43 ab ±1,21 | 23,94 a ±1,33 | 52,24 ab ±1,85 | 39,65 a ±1,30 | 20,27 a ±2,31 | 2,93 c ±0,28 | 0,34 b ±0,04 | 1,41 ab ±0,04 | 14,63 abc ±0,91 |

*Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
$\bar{X}$ : Média
$\sigma$ : Desvio padrão

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos teve efeito significativo ($p \leq 0,05$) em todos os parâmetros físicos avaliados neste estudo. Os resultados (Tab. 9) expressam que o tratamento M1 foi o que apresentou

estatisticamente maior volume específico (3,93 cm³/g) e índice de expansão (1,47), e consequentemente menor densidade absoluta (0,26 g/cm³).

Os amidos nativos apresentaram maior influencia que os amidos modificados, no que tange os valores de volume específico e densidade absoluta, fato comprovado pela pequena variação entre os grupos, separados os valores entre os tratamentos M1, M2 e M3 e entre M4, M5 e M6. Porém ao analisarmos dois grupos (M1, M2 e M3) e (M4, M5 e M6) os valores apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$). O mesmo não acontece ao avaliar o índice de expansão.

De acordo com Andrade (2012) a adição de amido modificado pré-gelatinizado a massa na ordem de 5% propicia melhores qualidades físicas aos pães de queijo. De maneira geral as densidades médias obtidas para os pães de queijo dos seis tratamentos foram próximas as reportadas por Pereira *et al.* (2004) para pães de queijo elaborados com mistura de polvilho doce e azedo (0,31g/cm³) e de Machado (2003) onde encontrou-se um valor de densidade de 0,20 g/cm³ para pães de queijo elaborados com polvilho azedo.

Machado e Pereira (2007) avaliando o efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas do pão de queijo encontraram volume especifico entre 3,77 cm³/g e 5,34 cm³/g e índice de expansão entre 1,27 e 1,75, valores correlatos aos deste estudo.

Nagata (2011) visando a otimização de uma pré-mistura para pães de queijo encontrou valores de volume especifico entre 2,9 e 3,3cm³/g, densidade de 0,31 a 0,35 g/cm³ e um índice de expansão de 0,98 a 1,50 para o produto, valores que também se assemelham ao deste estudo. Silva, Façanha e Silva (1998) evidenciaram que o índice de expansão é altamente dependente da velocidade de gelatinização do amido, o qual está diretamente correlacionado com a quantidade de água disponível na formulação. Valor condizente com a análise de teor de umidade realizado neste estudo, onde os maiores resultados encontrados para o teor umidade foram registrados para M1 (48,7%) e representaram o maior índice de expansão (1,47) para este tratamento, confirmando a teoria do autor.

Os pães de queijo de melhor qualidade são aqueles que, entre outras características, possuem o maior índice de expansão, a baixa densidade constitui um parâmetro de qualidade do pão de queijo, pois é desejável que os pães de queijo sejam leves. (Pereira, 2001). O tratamento M1 foi o qual apresentou as melhores características físicas de densidade e índice de expansão, e como referenciado pelos autores, se destacando positivamente em relação aos demais tratamentos.

No que tange os valores de textura, em geral os tratamentos com F1 apresentaram maior firmeza que os produtos obtidos com F2, levando a conclusão de que os pães de queijo produzidos com F2 tendem a ser mais macios, já que quanto menores os valores apresentados mais macios os pães de queijo podem ser considerados.

Os testes com amido AM2 apresentaram os menores valores de firmeza entre os amidos modificados, quando associados aos dois amidos nativos. O maior valor de dureza foi encontrado para o tratamento M1 (17,53 N), enquanto o menor valor para M3 (10,07N).

Os valores do estudo são similares aos encontrados por Silva et al. (2009), e Pereira (2001) para pães de queijo desenvolvidos com polvilho azedo. Machado (2003) encontrou o valor de 16,64 N para formulação utilizando leite e procedimento associado ao escaldamento. Andrade (2012) testando o efeito da adição de amidos modificados e estabilizante em pães de queijo de massa congelada encontrou valores entre 9,67 e 16,03 N.

A firmeza do produto diz respeito a maciez, como já foi citado, mas também é relevante quanto a manutenção do formato do produto, já que um produto muito macio tende a “murchar” mais facilmente após assado, perdendo o formato arredondado tradicional e ficando achatado.

### 3.2 Aspecto Visual do Miolo dos Pães de Queijo

A formação estrutural do miolo do pão de queijo é característica muito importante para determinação da qualidade do produto final, além de conferir a estrutura do produto é a parte que provem as características de mastigação ao produto, podendo ser mais duro ou macio, mais ou menos elástico, mais denso ou oco (maior ou menor presença de alvéolos e sua profundidade) e é determinado, entre outros fatores, pela menor ou maior expansão dos amidos nativos e modificados empregados. Na Figura 1 é apresentada a estrutura do miolo dos pães de queijo elaborados a partir dos 6 diferentes tratamentos.

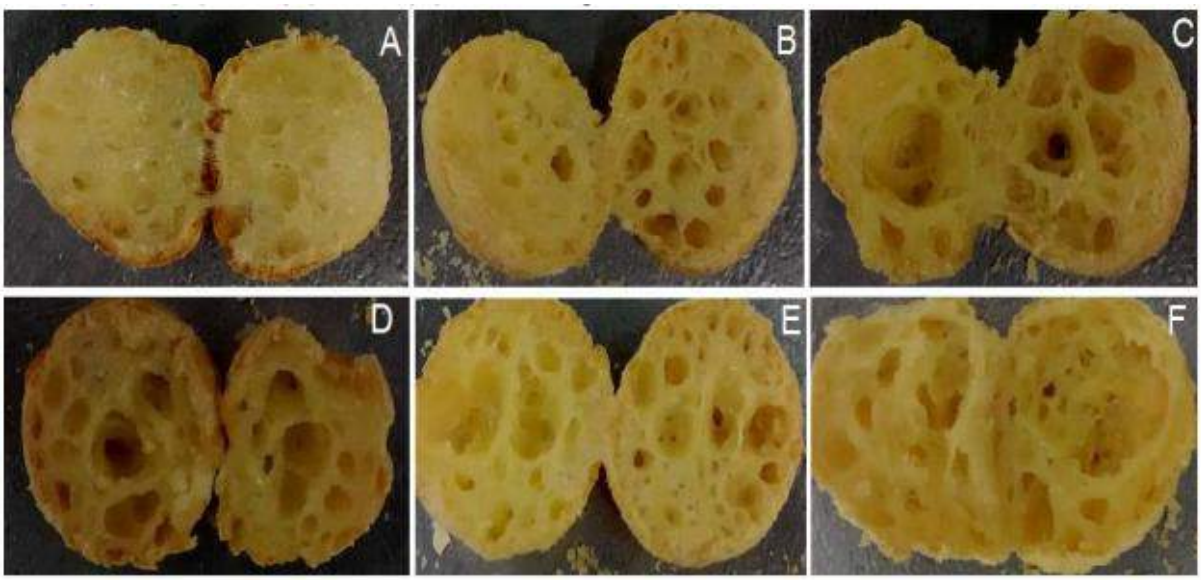



Figura 1. Estrutura do miolo dos pães de queijo dos tratamentos M1 (A), M2 (B), M3 (C), M4 (D), M5 (E) e M6 (F), corte longitudinal

Em referência a análise do miolo os pães de queijo (Figura 1) oriundos das 6 diferentes formulações fica evidente a diferença de distribuição de alvéolos, além da maior ou menor profundidade das cavidades e compactação dos miolos. A Tab. 3 apresenta uma descrição da organização alveolar dos miolos dos pães de queijo elaborados com as seis formulações

Tabela 3. Definição da estrutura do miolo dos pães de queijo obtidos pelos seis diferentes tratamentos.

| Tratamento | Estrutura do miolo |
|---|---|
| **M1** | Miolo compacto, poucos espaços vazios no interior, unidades com pouca formação alveolar de pouca profundidade, sem formação de teia, miolo macio. |
| **M2** | Miolo com maior presença de olhaduras e consequente maior formação de teia, alvéolos distribuídos por todo o miolo com tamanhos uniformes e profundidades distintas, miolo duro e resistente. |
| **M3** | Alvéolos grandes e profundos, apresentando coalescência, gerando produtos ocos em algumas unidades avaliadas, miolo macio, mas elástico. |
| **M4** | Alvéolos com tamanhos desuniformes e com profundidade irregular, olhaduras maiores e mais profundas estão localizadas na base do produto. |
| **M5** | Aparência de falta de expansão em uma porção do miolo, alvéolos mais rasos gerando um miolo compacto e com característica pegajosa. |
| **M6** | Coalescência de alvéolos em quase toda a superfície, deixando o miolo murcho e tornando algumas unidades ocas, mas em menor número que M3, alvéolos desuniformes. |

Devido à falta de uma caracterização e padronização do pão de queijo, não existe um miolo tido como ideal para o produto, desta forma fica a critério do consumidor definir qual o melhor de acordo com sua preferência (Nagata, 2011).

Os diferentes amidos produziram efeitos significativos nas analises físicas de volume especifico, densidade absoluta, índice de expansão e firmeza do produto final, onde a massa M1 (elaborada com F1+AM1) apresentou os maiores valores para volume especifico (3,930cm³/g) e índice de expansão (1,472) e menor valor de densidade absoluta (2,584 g/cm³).

Os amidos nativos apresentaram maiores influencias que os amidos acetilados pré-gelatinizados para os valores de volume especifico e densidade absoluta. Em geral os tratamentos com F1 apresentaram maiores valores de firmeza que os produtos com F2, sendo o tratamento M1apresentou o maior valor para esta analise (17,532N). Os amidos apresentaram influencia nas características do miolo dos produtos desenvolvidos.

## 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CNPq, CAPES, FAPERGS, Zin Pão Indústria e URI pelo apoio financeiro.

## 5. REFERÊNCIAS

ACELBRA, 2004. “Associação dos Celíacos do Brasil”. 25 Agost. 2018 <www.acelbra.org.br/2004/faq.php>.

APEX Brasil, 2017. “Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos”. 25 Agost. 2018 <http://www.apexbrasil.com.br/home/index>.

Andrade, L.P, 2012. *Amidos modificados e estabilizantes na qualidade do pão de queijo de massa congelada durante o armazenamento*. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Aplevicz, K.S. e Demiate, I.M., 2007. “Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados”. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 27, 3, p.478-484.

Bello-Pérez, L.A., Montealvo, M.G.M. e Acevedo, E.A., 2006. “Almidón:definición, estructura y propriedas”. In: Lajolo, F.M.;Menezes, E.W. *Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano*., São Paulo: Edusp, p. 17-46.

Food Magazine, 2015. “Pão de queijo, o quitute brasileiro é o mais vendido nas cafeterias, lanchonetes e padarias do Brasil. São Paulo: Food Magazine. 11 Out. 2016 < http://www.foodmagazine.com.br/food-service-noticia-produtos/pao-de-queijo>.

Machado, A.V., 2003 *Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas da massa e do pão de queijo*. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 105p..

Machado, A.V. e Pereira, J., 2007. “Avaliação do escaldamento nas propriedades microscópicas e de cristalinidade do polvilho azedo”. In *SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS SLACA, 7.*, Campinas, Brasil.

Nagata, C.L.P., 2011. *Otimização de uma pré-mistura para pão de queijo*. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Pereira, J., 2001. *Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo*. 2001. Tese (Dourado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Pereira, J., Ciacco, C.F., Vilela, E.R. e Pereira, R.G.F.A., 2004. “Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo”. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 24, 4, p. 494-500.

Silva, C.E.M., Facanha, S.H.F. e Silva, M.G.G., 1998. “Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural”, *Food Scince and Technology*, Vol. 18, n.1, p. 60-62.

Silva, R.P.G., Pereira, J., Nery, F.C. e Vilela, E.R., 2009. “Efeito do congelamento nas características físicas e químicas de pão de queijo”. *Ciência e Agrotecnologia*, Vol.33, n.1, p.207-212.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# E-NOSE APLICADO AO MONITORAMENTO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM BALAS DE GOMA DURANTE O ARMAZENAMENTO

**Sandra Cristina Ballen**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: sandra-ballen@live.com

**Adriana Marcia Graboski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: adigraboski@hotmail.com

**Alexandra Manzoli**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: alexxiamanzoli@gmail.com

**Juliana Steffens**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: julisteffens@uricer.com.br

**Clarice Steffens**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: clarices@uricer.com.br

***Resumo.*** *O aroma está intimamente ligado a aceitação dos alimentos pelo consumidor pois tem influência sobre seu sabor. Neste contexto, existe uma tendência em melhorar métodos sensoriais ou introduzir métodos alternativos que sejam capazes de identificar e monitorar as características dos aromas durante a vida útil de um produto. Uma alternativa é a utilização de narizes eletrônicos (e-nose), com um arranjo de sensores químicos juntamente com um algoritmo de reconhecimento de padrões. Desta forma o presente trabalho tem como objetivo o monitoramento da liberação de compostos voláteis em balas de gomas adicionadas de aroma artificial de morango, durante 120 dias de armazenamento, por meio de um sistema de e-nose com um arranjo de sensores recobertos com filme de polianilina dopados com ácido clorídrico (HCl), ácido canforsulfônico (CSA) e ácido dodecilbenzeno sulfônico (DBSA). O e-nose foi aplicado no monitoramento dos compostos voláteis das balas e as respostas dos sensores diminuiram ao longo dos 120 dias de estocagem, devido a perda destes compostos por volatilização devido a interações entre estes compostos, demais constituintes da bala e os sensores. Sendo assim, o e-nose mostrou-se ser um dispositivo bastante eficaz no monitoramento de perda de voláteis durante a estocagem de uma matriz alimentícia.*

***Palavras-chave:*** *compostos voláteis, bala de goma, sensores, e-nose*

## 1. INTRODUÇÃO

O aroma, assim como o sabor, está intimamente ligado a qualidade do alimento e a aceitação pelo consumidor. Sendo que o sabor de um alimento é fortemente influenciado pelo seu aroma. É por esse motivo que na fabricação de produtos como balas de goma ou de gelatina são adicionados diversos ingredientes como a sacarose, glicose de milho e xaropes, mas principalmente agentes de coloração e aromas que são especificamente adicionados para fornecerem atributos sensoriais peculiares a esse produto alimentar, que irão chamar a atenção dos consumidores (Edwards, 2000; Lubbers e Guichard, 2003).

Neste contexto, a pesquisa, identificação, controle de qualidade e o monitoramento das características dos aromas durante a fabricação e vida útil do produto tem sido foco de muitas pesquisas científicas, devido a influenciar a decisão de compra do consumidor, atraindo, assim, a atenção do setor econômico para a área. Dessa forma, existe uma tendência em melhorar métodos sensoriais ou introduzir métodos alternativos ou complementares. Tais métodos devem ser rápidos, precisos e de baixo custo e, claro, devem correlacionar com os resultados da análise sensorial realizada por provadores treinados (Faez, *et al*., 2000; Filho, 2009; de Castro, 2004).

Devido às essas tendências muitos estudos foram realizados visando o desenvolvimento de alternativas instrumentais que consumam menor tempo e gerem dados mais objetivos, permitindo uma análise qualitativa mais detalhada (Wyllie, 2008). Sendo que uma interessante alternativa é a utilização de sistemas de narizes eletrônicos (e-nose), ou seja, um dispositivo projetado para detectar e discriminar aromas de uma mistura complexa com o uso deu ma unidade detectora e um algoritmo de reconhecimento de padrões (Miller, 2004; Lozano, *et al*., 2008). A unidade detectora é constiuída por um arranjo de sensores, em geral, podem ser constituídos de filmes poliméricos (sensíveis a gases e vapores), os quais apresentam mudanças nos valores de condutividade com a passagem de elétrons ou devido a absorção de moléculas. Normalmente são utilizados na detecção de aromas devido a resposta rápida e não serem destrutivos na identificação (Wei, Wang e Zhang, 2015).

A polianilina destaca-se entre os polímeros condutores por sua facilidade de polimerização, mecanismos de condução elétrica estáveis, alta estabilidade química em condições ambiente, baixo custo e dopagem química reversível (Fratoddi *et al*., 2015; Mattoso, 1996). A dopagem dos polímeros condutores pode ocorrer por meio da oxidação ou redução da cadeia polimérica com adição de agentes receptores ou doadores de elétrons, transformando o polímero de isolante em condutor ou semicondutor. Esses doadores ou receptores de elétrons são chamados de "dopantes". A dopagem pode aumentar em muitas vezes a condutividade do polímero (Medeiros *et al*., 2012). Com a adição dos agentes dopantes ocorre a transferência de cargas e a formação do íon, gerando um fluxo de elétrons.

Desta forma o presente trabalho tem como objetivo o monitoramento da liberação dos compostos voláteis em balas de gomas adicionadas de aroma artificial de morango, durante 120 dias de armazenamento, por meio de um sistema de nariz eletrônico com sensores recobertos com filme de polianilina dopados com ácido clorídrico (HCl), ácido canforsulfônico (CSA) e ácido dodecilbenzeno sulfônico (DBSA).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Eletrodos interdigitados de grafite

Os eletrodos interdigitados a base de grafite foram produzidos com a técnica de formação de trilhas, segundo metodologia descrita por Venancio *et al*. (2008). Os eletrodos foram impressos em papel vegetal (Schoeller hammer) com espessura 63 g/cm$^3$ com uma impressora a laser (HP laser jet P1005). A parte de trás dos eletrodos foram protegidos, fixando-se os mesmos com fita adesiva em papel absorvente para impedir o contato com a dispersão aquosa de grafite (Aquadag E, Acheson Colloids Company), a qual foi preparada na proporção de 1:4 (massa: volume) (grafite: água Milli-Q) para posterior deposição e recobrimento sobre os eletrodos. O processo consistiu em adicionar vagarosamente a água sobre a grafite com agitação magnética (Festoam 752A) a temperatura constante (25 °C ± 2) por 20 min (Steffens *et al*., 2012).

Foram depositadas 3 gotas da solução de grafite sobre o eletrodo com uma pipeta e, então, espalhada sobre toda a superfície com um bastão de vidro. Após, foram levados para uma estufa (Tecnal - TE-393/1-M) por aproximadamente 30 min. Seguido para a remoção do tonner, a qual foi realizada por imersão do eletrodo em aproximadamente 40 mL de acetona (Merck, 99,5%), durante 30 s em ultrassom (Transsonic 310 – Elma), seco a temperatura ambiente (25 °C ± 2) e armazenado em dessecador a vácuo para posterior deposição dos filmes de polianilina.

### 2.2 Deposição dos filmes de polianilina

A síntese *in situ* da polianilina foi realizada de acordo com Steffens *et al*. (2009). O processo de polimerização da polianilina foi realizado preparando uma solução de 198 µL de anilina destilada (Sigma Aldrich 99,5 %) em 66 mL de HCl 1M (Merck 99 %) (solução A) e outra solução de 0,498 g de persulfato de amônio (Sigma-Aldrich, 98 %) em 33 mL de HCl 1M (solução B). Acondicionaram-se as soluções em banho de gelo para atingir e manter a temperatura a 0 °C. Para a deposição do filme sobre os eletrodos, os mesmos foram fixos em uma folha de politereftalato de etileno (PET), disposta no interior de um béquer, que se encontrava dentro de um banho de gelo. Então, a solução A foi lentamente adicionada sobre a solução B dentro do béquer que continha os eletrodos interdigitados. A temperatura do sistema foi controlada para que a reação ocorresse a 0 °C, sob agitação magnética (Fisatom 752A). Decorridos 100 min de reação, os sensores foram retirados do béquer e lavados com HCl 1M. Em seguida, os sensores foram armazenados em dessecador a vácuo até completa secagem. Obtendo-se desta forma os sensores dopados com HCl.

### 2.3 Processo de dopagem

O processo de dopagem seguiu a metodologia descrita por Manzoli *et al*. (2011). Os sensores de gases com filme de polianilina dopados com HCl obtidos da síntese *in situ* foram desdopados por imersão em solução 0,1 M de hidróxido de amônio ($NH_4OH$) (Quimex) por 30 s e, redopados por 90 s em uma solução 0,1 M dos dopantes de interesse. Os ácidos de dopagem estudados foram ácido clorídrico (HCl), ácido canforsulfônico (CSA) (Sygma) e ácido dodecilbenzeno sulfônico (DBSA) (Fluka, 90%).

### 2.3 Preparo da matriz alimentícia (bala de goma)

As balas de goma foram preparadas de acordo com metodologia de Periche *et al*. (2014). O aroma artificial de morango (Duas Rodas), foi utilizado na concentração de 2,5 ppm, sendo essa baseada em estudos de Garcia e Penteado (2005) e Pizzoni *et al*. (2015). A bala foi colocada em moldes de policloreto de polivinila (PVC), em uma quantidade de ± 8 g para cada bala, permanecendo assim por 48 h em temperatura ambiente (± 25 ºC), para obterem consistência de gel. As balas foram, então, armazenadas durante 120 dias em temperatura ambiente, embaladas individualmente em filme de PVC e recobertas com papel alumínio para posteriores testes no e-nose.

### 2.4 Sistema de monitoramento e coleta de dados

O sistema de e-nose desenvolvido era constituído por uma câmara de vidro com capacidade de 1 L, um sensor de temperatura e umidade (Sensirion Kit EK-H5, resolução SHT2x), um ventilador, agitador mecânico (Fisatom, modelo 714), suporte para bala, sensor de gás com filme de polianilina dopada com CSA, DBSA ou HCl, placa de circuito, sistema de aquisição de dados (Novus) e computador.

A detecção dos compostos voláteis das balas de goma adicionadas de aroma artificial de morango foi iniciada pela obtenção de uma linha de base para os sensores do nariz eletrônico: onde os sensores foram deixados em ar de laboratório e a tensão dos mesmos foi coletada a cada 5 s durante 5 min. Após, foi avaliada a resposta em tensão dos sensores de gases aos compostos voláteis das balas de goma com aroma artificial de morango. As balas foram inseridas dentro do suporte na câmara de medida e, então, submetidas à agitação mecânica de 30 rpm (Fisatom, modelo 714) para promover a liberação dos compostos voláteis das balas. A tensão foi coletada a cada 5 s durante 10 min. Um sensor comercial (Sensirion Kit EK-H5, resolução SHT2x) de monitoramento de temperatura e de umidade relativa foi utilizado no interior da câmara durante os experimentos. Ao final de cada teste o sensor do arranjo era descartado.

Os experimentos foram executados durante o armazenamento das balas de goma durante o período de 1, 40, 80 e 120 dias.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 mostra a resposta dos sensores de gases recobertos com filme de polianilina dopados com CSA, DBSA e HCl expostos aos voláteis das balas de goma com aroma artificial de morango, durante seu armazenamento. Os experimentos foram realizados em condições ambientais (temperatura: 20°C ± 2 e umidade relativa: 72% ± 4).

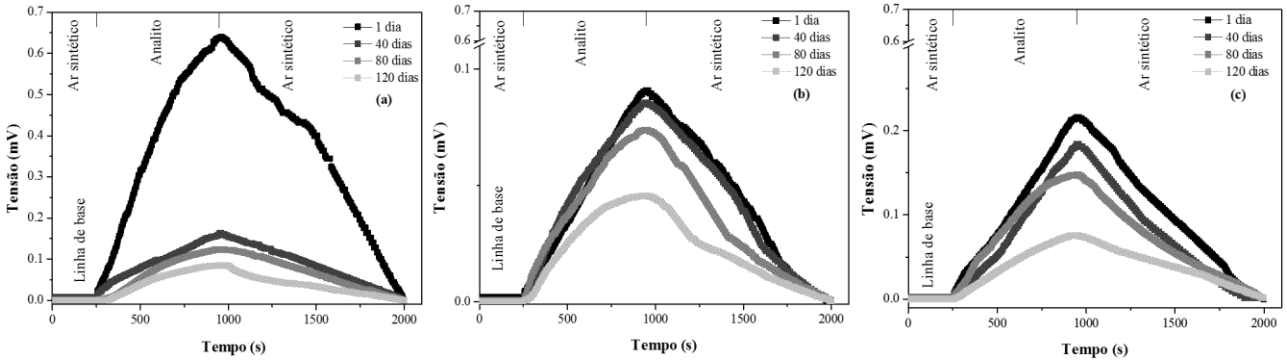



Figura 1**.** Resposta dos sensores de gases de polianilina dopados com CSA (a), DBSA (b) e HCl (c) expostos aos compostos voláteis das balas adicionadas de aroma artificial de morango, na concentração de 2,5 ppm em 1, 40, 80 e 120 dias de armazenamento.

Pela Figura 1 nota-se que ao longo do período de armazenamento das balas de goma houve decréscimo na reposta dos sensores de polianilina dopados com CSA, DBSA e HCl, isso deve-se a perda de voláteis para o ambiente. Percebe-se também que cada tipo de dopante demonstrou diferente comportamento para o mesmo analito (bala de goma).

A perda de compostos voláteis está relacionada aos constituintes do analito que podem tanto bloquear a saída dos voláteis por meio de uma barreira ou do aumento da viscosidade do meio. Em alimentos geleificados, a diminuição da liberação do aroma pode ser atribuída ao agente espessante, o qual pode ser capaz de formar uma barreira à difusão afetando, assim, a cinética da partição de vapor do volátil ou até impedindo o transporte de massa, devido a interações entre os compostos de aromas, o espessante e o sensor (Pizzoni *et al*., 2015).

Os compostos voláteis de alimentos são liberados pela cinética e fenômenos termodinâmicos. Os alimentos possuem algumas propriedades intrínsecas, como atividade de água e viscosidade, fatores extrínsecos como temperatura e pressão, também estão envolvidos na taxa de liberação e na concentração do aroma em equilíbrio. O entendimento destes mecanismos está relacionado a diferentes matrizes alimentares, se tornando assim, de grande relevância na

indústria de alimentos que se interessam por desenvolver produtos com atributos sensoriais específicos (Piccone *et al*, 2011).

O diferente comportamento das respostas dos sensores com diferentes dopantes expostos ao mesmo analito, pode ser explicado pelo fato de que cada dopante proporciona um tipo de seletividade aos sensores de gás, ou seja, o reconhecimento molecular (Ikkala *et al*., 1996). Sendo assim pode-se associar a resposta dos sensores ao tipo de dopante utilizado. Brugnollo *et al*., (2008) em um estudo utilizando sensores químicos confeccionados a partir de filmes nanoestruturados de poli (o - etoxianilina) (POEA) e poli (4 – estirenosulfonato de sódio) (PSS) dopados com diferentes ácidos (HCl, CSA, TSA (ácido toluenosulfônico) e $H_2SO_4$ (ácido sulfuríco)) na detecção de sacarose, NaCl (cloreto de sódio), HCl e cafeína, observaram que a resposta elétrica para os diferentes produtos químicos foi dependente do tipo de ácido utilizado para a fabricação do filme. Dessa forma pode-se associar a resposta dos sensores ao tipo de dopante utilizado.

## 4. CONCLUSÃO

O e-nose com arranjo de sensores de gases recobertos com filme de polianilina dopados com CSA, DBSA e HCl foi aplicado em e-nose e utilizado no monitoramento da liberação de compostos voláteis de balas de goma adicionadas de aroma artifial de morango, durante 120 dias de armazenamento. Observou-se que as respostas dos sensores decresceram ao longo do tempo de estocagem pois houve perda de compostos voláteis das balas por volatilização devido a interações entre os compostos de aromas, o espessante e os sensores. Sendo assim, o e-nose mostrou-se ser um dispositivo bastante eficaz no monitoramento de perda de voláteis durante a estocagem de uma matriz alimentícia.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ, FAPERGS, FINEP e a URI pelo apoio financeiro ao presente trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

Brugnollo, E. D., Paterno, L. G., Leite, F. L., Fonseca, F. J., Constantino, C. J. L., Antunes P. A., Mattoso, L. H. C. 2008. Fabrication and characterization of chemical sensors made from nanostructured films of poly(o-ethoxyaniline) prepared with different doping acids. Thin Solid Films, 516 (10), p. 3274-3281.

de Castro, E. G. 2004. Híbridos Orgânicos/Inorgânicos Formados Entre Polímeros Condutores e Géis de Polifosfato de Alumínio. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná.

Edwards, W.P. 2000. The Science of Sugar Confectionery. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, U.K.

Faez, R., Reis, C., Scandiucci, P., Kosima, O., Ruggeri, G., Paoli, M. 2000. Polímeros Condutores. Química Nova na Escola, 11, p. 13-18.

Garcia, T., Penteado, M. D. V. C. 2005. Qualidade de balas de gelatina fortificadas com vitaminas A, C e E. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 25 (4), p. 743–749.

Filho Y. F. 2009. Síntese, Dopagem e Caracterização da Polianilina com Sais de Fe (ii) e Fe (iii). Mestrado em Química. Universidade Federal do Espirito Santo, Vitória.

Fratoddi, I., Venditti, I., Cametti, C., Russo, M. V. 2015. Chemiresistive polyaniline-based gas sensors: A mini review. Sensors and Actuators B: Chemical, 220, p. 534–548.

Ikkala, O., Vikki, T.; Takala, A., Toivo, A., Levon, K., Pietila, L. O., Ahjopalo, L., Osterholm, H., Passiniemi, P. J. S. 1996. Molecular recognition solvents for eletrically conductive polyaniline. Macromoléculas, 29, p. 2945-2953.

Lozano, J., Arroyo, T., Santos, J., Cabellos, J., Horrillo, M. 2008. Electronic nose for wine ageing detection. Sensors and Actuators B: Chemical, 133, p. 180–186.

Lubbers, S., Guichard, E. 2003. The effects of sugars and pectin on flavour release from a fruit pastille model system. Food Chemistry, 81, p. 269–273.

Manzoli, A., Steffens, C., Paschoalin, R. T., Correa, A. A., Alves, W. F., Leite, F. L., Herrmann, P. S. P. 2011. Low-cost gas sensors produced by the graphite line-patterning technique applied to monitoring banana ripeness. Sensors, 11, p. 6425-6434.

Mattoso, L. H. C. 1996. Polianilinas: Síntese, Estruturas e Propriedades. Química Nova, 19, n. 4, p. 388-399.

Medeiros E. S., Oliveira J. E., Consolin N., Paterno L. G., Mattoso L. H. C. 2012.Uso de Polímeros Condutores em Sensores. Parte 1: Introdução aos Polímeros Condutores. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 7 (2), p. 62 – 77.

Miller, K. 2004. Electronic Nose NASA researchers are developing an exquisitely sensitive artificial nose for space exploration. Outubro.

Periche, A., Heredia, A.; Escriche, I., Andrés, A., Castelló, M. L. 2014. Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. Food Bioscience, 7, p. 37–44.

Piccone, P., Rastelli, S. L., Pittia, P. 2011. Aroma release and sensory perception of fruit candies model systems. Procedia Food Science.

Pizzoni, D., Compagnone, D., di Natale, C., D'Alessandro, N., Pittia, P. 2015. Evaluation of aroma release of gummy candies added with strawberry flavours by gas-chromatography/mass-spectrometry and gas sensors arrays. Journal of Food Engineering, 167, p. 77-86.

Steffens, C., Manzoli, A., Francheschi, E., Corazza, M. L., Corazza, F. C., Oliveira, J. V., Herrmann, P. S. P. 2009. Low-cost sensors developed on paper by line patterning with graphite and polyaniline coating with supercritical CO2. Synthetic Metals, 159, p. 2329-2332.

Steffens, C., Corazza, M. L., Franceschi, E., Castilhos, F., Herrmann, P. S. P., oliveira, J. V. 2012. Development of gas sensors coatings by polyaniline using pressurized fluid. Sensors and Actuators, B: Chemical, 171-172, p. 627–633.

Venancio, E. C., Mattoso, L. H. C., Herrmann Júnior, P.S.D.P. e MacDiarmid, A.G., 2008. Line patterning of graphite and the fabrication of cheap, inexpensive, "throw-away" sensors. Sensors Actuators, B Chem. 130, p. 723–729.

Wei, Z., Wang, J., Zhang, W. 2015. Detecting internal quality of peanuts during storage using electronic nose responses combined with physicochemical methods. Food Chemistry, 177, p. 89–96.

Wyllie, S. G. 2008. Flavour quality of fruit and vegetables: are we on the brink of major advances. In: Fruit and Vegetable Flavour Elsevier, p. 3–10.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# LEVANTAMENTO DE ATRIBUTOS E DESENVOLVIMENTO DE TERMINOLOGIA DE TEXTURA PARA SUCO NATURAL DE LARANJA

**Sandra Cristina Ballen**
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. E-mail: sandra-ballen@live.com

**Lucila Vicari**
Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Pelotas/RS. E-mail: lucila.vicari@gmail.com

**Silvia Deboni Dutcosky**
About Solution, Curitiba/PR. E-mail: silvia@aboutsolution.com.br

**Marcia Arocha Gularte**
Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Pelotas/RS. E-mail: gularte@ufpel.edu.br

**Eunice Valduga**
Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. RS. E-mail: veunice@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A textura é uma das ferramentas mais recentes para envolver os sentidos e oferecer experiências dignas de serem compartilhadas. A busca por experiências multissensoriais proporcionará oportunidades para alimentos e bebidas que usem uma textura inesperada para surpreender aos seus consumidores. Desta forma o presente trabalho tem como objetivo a caracterização sensorial de textura de suco natural de laranja por meio de levantamento de atributos e desenvolvimento de terminologia. Foram utilizadas três marcas comerciais diferentes (A, B e C) e recrutados 26 avaliadores, os quais foram convidados a descrever em uma ficha os atributos sensoriais referentes a textura. Os resultados foram tabelados, apresentados e discutidos com o grupo para que, assim, fosse possível compilar uma lista consensual de termos e definições. Sendo que os avaliadores foram capazes de descrever termos relacionados a textura de bebidas, mesmo que alguns atributos em frequência menor. Podendo-se destacar, principalmente os relacionados a aparência, parâmetros mecânicos, geométricos e de superfície; o atributo mecânico primário de viscosidade e, especialmente como residuais, o residual bucal e efeito químico. Dessa forma, sendo possível desenvolver uma terminologia para ser utilizada nas próximas etapas de um possível treinamento de textura de bebidas. A partir deste estudo, também, ficou evidente que existe a necessidade de padronização da utilização dos termos e verificação da intensidade do aparecimento dos atributos.*

***Palavras-chave:*** *bebidas, textura, atributos, terminologia*

## 1. INTRODUÇÃO

A procura por bebidas com características nutricionais importantes para a prevenção e controle de doenças foi promovido pela preocupação com a saúde, e causou um aumento no consumo de bebidas à base de frutas. A tendência mundial de consumo é a substituição dos refrigerantes por bebidas mais saudáveis e com apelo à praticidade, gerando uma demanda por produtos naturais, orgânicos e enriquecidos. E consequentemente, bebidas com diferentes texturas (Esperancini, 2005).

Segundo a Mintel (2017) em uma publicação sobre novas tendências para o ano de 2018, a textura é uma das ferramentas mais recentes para envolver os sentidos e oferecer experiências dignas de serem compartilhadas. O som, a sensação e a satisfação que a textura que alimentos e bebidas fornecem irão tornar-se mais importantes para empresas e consumidores. A textura é a próxima faceta da formulação que pode ser alavancada para proporcionar aos consumidores experiências interativas e documentais. A busca por experiências multissensoriais proporcionará oportunidades para alimentos e bebidas que usem textura inesperada para surpreender aos seus consumidores.

Neste contexto, o setor de bebidas está cada vez mais atento às preferências de textura do consumidor, colocando este atributo no topo da lista de expectativas a serem satisfeitas. Assim, durante o desenvolvimento de um produto, a textura de referência e desejada deve ser bem caracterizada por análises, que podem ser instrumentais ou sensoriais, que permitam a avaliação e comparação do produto desenvolvido com o produto de referência. Atualmente, o mercado oferece produtos com alegações na rotulagem enfatizando características específicas de textura que evocam sensações causadas pelo alimento, tais como "refrescante", "crocante", "cremoso", "picante", "soft" etc. (Aditivos & Ingredientes, 2015).

Diante disto, as marcas de sucos têm a oportunidade de desenvolver algumas mudanças e aumentar o interesse do consumidor por meio de novos métodos de processamentos ou novas misturas com vegetais, sementes, produtos lácteos ou grãos. As inovações de sabor, também, podem envolver os consumidores. Sendo possível alterações desejáveis na textura (Ghoghai, 2016).

Com toda esta demanda por novos tipos de produtos, é de extrema importância que a indústria de sucos se preocupe com a qualidade de seu produto final. Dessa forma, viabilizar industrialmente produtos que supram todas as expectativas e necessidades do consumidor é bem mais complexo. Assim, destaca-se a importância da realização de estudos sensoriais sobre a textura dos alimentos, a fim de garantir a qualidade do produto, aceitabilidade pelo consumidor, quantificar a existência de alterações devidas ao processamento e o desenvolvimento de novos produtos.

Desta forma o presente trabalho tem como objetivo a caracterização sensorial de textura de suco natural de laranja por meio de levantamento de atributos e desenvolvimento de terminologia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Amostras

As amostras de suco natural de laranja foram adquiridas no comércio local de Jaraguá do Sul-SC e eram de três marcas diferentes (A, B e C). Segundo a indicação do fabricante, contida na embalagem, as mesmas foram armazenadas em geladeira (± 4 ºC) até minutos antes das análises.

### 2.2 Análise sensorial

2.2.1 Recrutamento

Foram recrutados 26 avaliadores selecionados e treinados para odor e sabor (ISO, 2012), disponibilidade de horário e interesse em participar dos testes.

2.2.2 Levantamento de Atributos/Desenvolvimento de Terminologia

Esta etapa teve por objetivo caracterizar as amostras de suco natural de laranja por meio da descrição dos atributos sensoriais presentes e que fossem referentes a textura. Para isto, os avaliadores foram solicitados a descrever os atributos quanto a aparência e textura, e registrá-los em uma ficha, na qual a textura estava dividido em 4 fases, relacionadas ao aspecto sensorial e para determinar ordem em que os atributos aparecessem: antes ou sem mastigação (aparência), primeiro gole, mastigação/deglutição e residual. Este procedimento foi realizado em cabines individuais para evitar influências e garantir um número maior de termos. As amostras foram servidas em copos plásticos brancos e descartáveis (aproximadamente 30 mL) codificados com 3 números aleatórios e apresentadas de forma aleatória, balanceada e em ordem casualizada.

Os resultados foram tabelados, apresentados e discutidos com o grupo para que, assim, fosse possível compilar uma lista consensual de termos e definições. A discussão em grupo foi realizada sob supervisão de um líder.

### 2.3 Análise dos resultados

Os termos descritos pelos avaliadores na avaliação de textura das amostras foram tabelados, agrupados segundo a ABNT (2017) e avaliados segundo sua frequência de citação.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O perfil de textura inclui os seguintes componentes: atributos perceptíveis de textura, intensidade e ordem em que é percebido (ABNT, 2017). A Tabela 1 apresenta a classificação e definição dos termos descritos pelos avaliadores, na ordem de percepção, para as amostras de suco natural de laranja e na Figura 1 está demonstrado a frequência que esses atributos foram citados.

Tabela 1. Termos relacionados a textura descritos pelos avaliadores para suco natural de laranja.

| Parâmetro | | Atributo | Definição | Antes/ou sem Mastigação | Primeiro Gole | Mastigação Deglutição | Residual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Termos descritos | | | |
| Visual | | Aparência | Todos os atributos visíveis. | líquido, turvo, amarelo, laranja, brilhante, homogêneo, uniforme | * | * | * |
| Geométrico | Conformação | Fibroso | Partículas longas ou filamentos orientados na mesma direção. | fibras, polpa, filamentos | fibras, fibroso, filamentos | fibroso, filamentos | fibras |
| | | Celular | Partículas esféricas ou ovais. | celular, células, partículas, pedaços, gominhos, precipitados | celular, células, partículas, gomos, sedimentos, grumoso | sólidos, partículas, células, grumos, precipitados | celular, células, gominhos |
| | Granulosidade | Liso | Percepção do tamanho, forma e quantidade de partículas (ausência). | liso | liso, uniforme, homogêneo | liso | * |
| Mecânico | Primário | Viscosidade | Resistência ao fluxo. | viscoso, espesso,denso, ralo, fluido, leve, aguado | denso, viscoso,pesado, pegajoso, goma, gomoso,cremoso, líquido, fluido, ralo | viscosidade, denso, viscoso,pesado, pegajoso, goma, gomoso,cremoso, líquido, fluido, ralo, sem resistência | * |
| De superfície | Umidade | Umidade | Percepção de água absorvida ou liberada. | úmido, molhado, sumoso | úmido, molhado, sumoso | úmido, molhado | úmido |
| | Sensação de recobrimento | Corpo | Sensação de preenchimento da boca. | * | preenche a boca, encorpado, aguado, corpo, vazio | vazio | encorpado, aguado |
| | | Efeito químico | Sensação física e química de irritação. | * | adstringente, ácido | adstringente, ácido, acidez | adstringente, ácido, salivação |
| | | Residual bucal | Sensação de residuais na boca. | * | * | * | sem residual, limpo, prolongado, pegajoso, gomoso, oleoso |
| | | Nos tecidos moles | Sensação de recobrimento. | * | * | * | liso |

*Não houve termos citados.

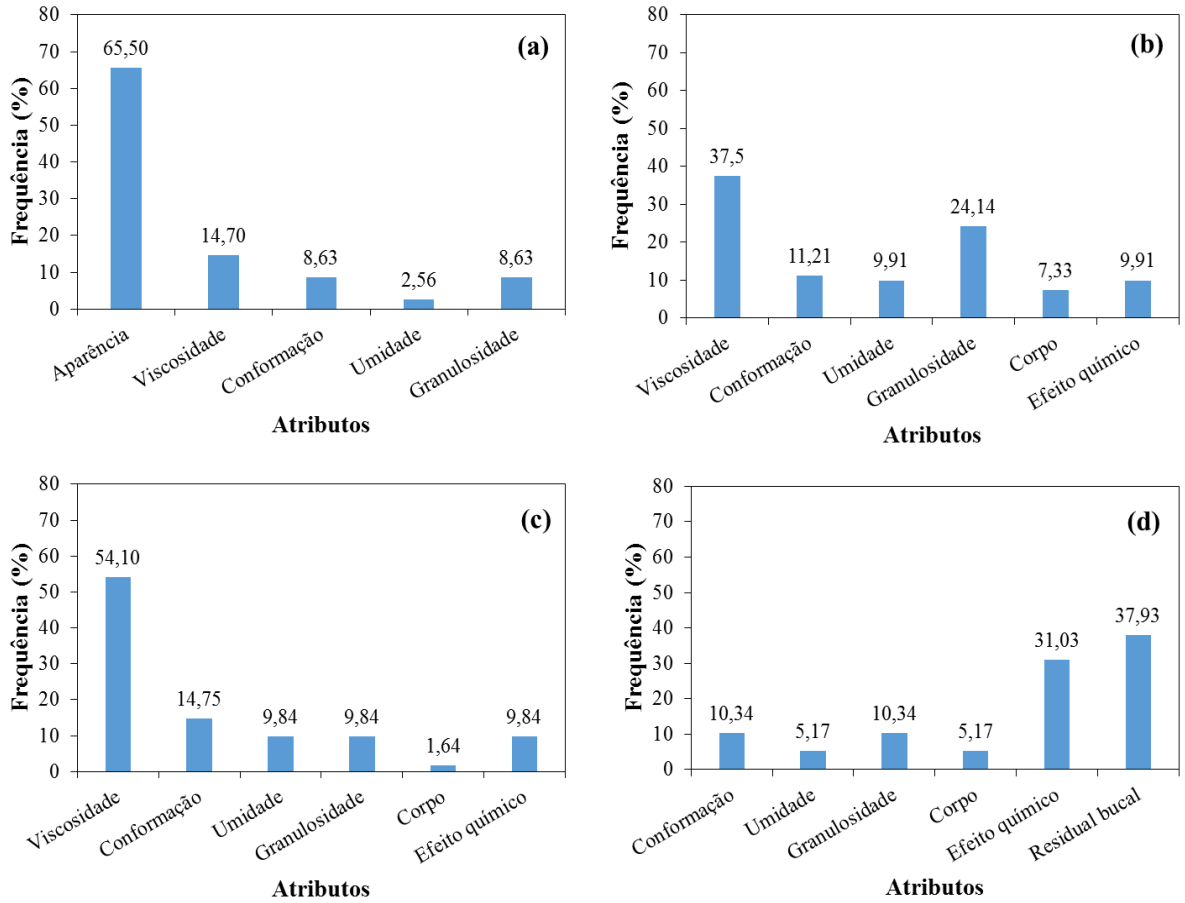



Figura 1. Frequência dos atributos de textura citados pelos avaliadores, para suco natural de laranja, antes ou sem mastigação (a), no primeiro gole (b), durante a mastigação/deglutição (c) e no residual (d).

Pela Tabela 1 pode-se perceber que os avaliadores citaram termos de textura relacionados a aparência, parâmetros mecânicos, geométricos e de superfície. Na fase antes ou sem mastigação, os termos referentes a aparência, ou seja, todos os atributos visíveis, foram os que tiveram maior frequência de citação (Figura 1). Também, é possível observar que a viscosidade, atributo mecânico primário, esteve presente nas três primeiras fases (antes ou sem mastigação, primeiro gole e mastigação/deglutição) e teve sua maior frequência na fase de mastigação/deglutição, isto deve-se ao fato de ser o atributo com o qual os avaliadores possuem maior familiaridade e pode ser facilmente comparado à água. Entretanto, há necessidade de treinamento com o uso de produtos de referência e escalas para a quantificação da intensidade na qual este atributo aparece, pois neste aspecto os avaliadores não chegaram a um consenso.

Na última fase foram citados termos residual bucal, descrito como sensação de residuais na boca (limpo, seco, prolongado) e efeito químico, referente a sensação física e química de irritação e pinicação experimentada na língua, podendo ter como adjetivos correspondentes: leve, adstringente, calor e ácido (ISO, 2012). Sendo o efeito químico também citado nas duas fases anteriores, que são: primeiro gole (b) e durante a mastigação/deglutição (c).

No momento da discussão em grupo os avaliadores relataram a dificuldade em avaliar quanto a textura e em diferentes fases, devido a terem pouco conhecimento sobre o assunto. Entretanto, a divisão em antes/ou sem mastigação, primeiro gole, mastigação/deglutição e residual possibilitou o levantamento de um maior número de termos descritores, além de facilitar a classificação quanto a ordem de aparecimento dos atributos.

## 4. CONCLUSÃO

Os avaliadores foram capazes de descrever termos relacionados a textura de bebidas, mesmo que alguns atributos em frequência menor. Dessa forma, sendo possível desenvolver uma terminologia para ser utilizada nas próximas etapas de um possível treinamento de textura de bebidas. Podendo-se destacar, principalmente os relacionados a aparência, parâmetros mecânicos, geométricos e de superfície; o atributo mecânico primário de viscosidade e, especialmente como residuais, o residual bucal e efeito químico. A partir deste estudo, também, ficou evidente que existe a necessidade de treinamento quanto a atributos de textura, para padronização da utilização dos termos e verificação da intensidade do aparecimento dos atributos.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Duas Rodas, a About Solution, UFPEL e a URI pelo apoio ao presente trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2017. Análise sensorial – Metodologia – Perfil de Textura. NBR ISO: 11036.

Aditivos & Ingredientes. 2015. A Textura dos Alimentos. Aditivos & Ingredientes. p. 31-40.

Esperancini, M. S. T. 2005. Mercado brasileiro de bebidas. São Paulo: Edgard Blücher, cap. 2, p. 21- 49.

Ghoghai, A. 2016. Category Insight: Juice & Juice Drinks. Mintel. February.

ISO – International Organization for Standardization. 2012. Sensory analysis - General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. ISO 8586.

Mintel. 2017. Mintel identifies five key trends for the coming year. Mintel Trends. Mintel Ltd. Disponível em: https://www.ingredientsnetwork.com/mintel-identifies-five-key-trends-for-the-coming-news048952.html. Acesso em:27/08/2018.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRODUÇÃO DE FRUTOFURANOSIDASE POR *ASPERGILLUS NIGER* E *PENICILLIUM BRASILIANUM*

**Simone Salete Saggiorato Dal Maso***
**Leonardo Meirelles da Silva**
**Vitória Schumacher Mendes**
**Thais Comin**
**Rogério Marcos Dal Lago**
**Rosicler Colet**
**Jamile Zeni**
**Geciane Toniazzo Backes**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Avenida Sete de Setembro – 1621, Erechim – RS, Brasil.
*simone.dalmaso98@gmail.com
leonardomeirelesdasilva@gmail.com
vitoria-mendes@live.com
th-thais@hotmail.com
dallago@uricer.edu.br
rosicler.colet@yahoo.com.br
jamilezeni@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br

***Resumo:*** *Os frutooligossacarídeos (FOS), são polímeros de frutose, também chamados de açúcares não convencionais, destacam-se por suas excelentes características funcionais, aspectos físicos e fisiológicos, características que atraem grande interesse para indústria e tornaram-se responsáveis por ampliar sua utilização na indústria de alimentos. A produção de enzimas microbianas apresenta um futuro promissor, devido ao seu rápido ciclo reprodutivo, conseguindo obter grandes populações de células em pequeno período de produção. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi produzir frutofuranosidase a partir dos fungos filamentosos* Aspergillus niger *e* Penicillium brasilianum *em fermentação submersa. Para a bioprodução empregou-se uma suspensão de 1 x $10^3$ esporos/mL, a qual foi inoculada em diversos meios de cultivo: meio 1 (2% glicose, 0,5% extrato de levedura, 0,5% $K_2HPO_4$, 1% peptona a pH 4,5); meio 2 (2% sacarose, 0,5% extrato de levedura, 0,5% $K_2HPO_4$, 1% peptona a pH 4,5); meio 3 (20% sacarose, 0,5% extrato de levedura, $NaNO_3$ 1%, $MgSO_4$ .7$H_2O$ 0,05%, $KH_2PO_4$ 0,25%, $NH_4Cl$ 0,5%, NaCl 0,25% a pH 5,5) e meio 4 (20% sacarose, 5% extrato de levedura, 5% $K_2HPO_4$, 10% peptona a pH 4,5), incubados em Shaker a 150rpm, 30ºC por diferentes tempos. A atividade enzimática foi medida através do método Somogyi-Nelson e Kit enzimático (glicose-oxidase). O fungo* Aspergillus niger *apresentou maior atividade de transfrutosilação de 6,29 µmol/ml/min e de frutosiltransferase de 7,01 µmol/ml/min, em 48 h, empregando o meio 3 de produção.*

***Palavras-chave:*** *Frutooligossacarídeos, bioprodução, micro-organismos*

## 1. INTRODUÇÃO

Os prebióticos são ingredientes nutricionais não digeríveis que atuam seletivamente sobre a microbiota, estimulando o crescimento e atividade de uma ou mais bactérias benéficas intestinais. Como prebióticos mais usados estão os frutooligossacarídeos (FOS), conhecidos como polímeros de frutose que apresentam grande interesse biotecnológico devido suas propriedades prebióticas e a capacidade de aprimorar as características tecnológicas dos alimentos. A síntese do FOS pode ocorrer a partir da sacarose, através da atividade de transfrutosilação das enzimas β-frutofuranosidases (Ffase) ou frutosiltransferases (Ftase), derivadas de plantas, bactérias e fungos (ZANINETTE, 2015). Os frutooligossacarídeos podem ser nomeados como: kestose ($GF_2$), nistose ($GF_3$) e frutofuranosilnistose ($GF_4$) (NASCIMENTO et al., 2016).

O custo de produção e purificação das enzimas é um dos maiores limitantes da produção de FOS em escala industrial, por isso, a otimização da produção (fermentação, meio cultura, condições operacionais), podem reduzir esse custo e tornar a aplicação do FOS na indústria, economicamente viável.

Muitas enzimas microbianas são produzidas por fungos como *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. e *Aureobasidium* sp. (GANAIE et al., 2014)

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi produzir frutofuranosidase a partir *Aspergillus niger* e *Penicillium brasilianum* em fermentação submersa.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Micro-organismos

Os fungos filamentosos *Penicillium brasilianum* e *Aspergillus niger* ATCC 9642 utilizados são procedentes do banco de cepas do Laboratório de Biotecnologia de Alimentos da URI Campus Erechim-RS.

### 2.2 Screening de meio de cultivo para a bioprodução

Para a bioprodução empregou-se uma suspensão de 1 x $10^3$ esporos/mL, a qual foi inoculada em diversos meios de cultivo (meio 1 a 4), incubado em *Shaker* a 150rpm, 30ºC avaliando diferentes tempos. Os experimentos foram realizados em triplicada para cada fungo filamentoso. A cada intervalo de tempo, alíquotas de 1mL foram retiradas, centrifugadas (6000 rpm, por 15 min, 5ºC) e o sobrenadante resultante da centrifugação (extrato enzimático) foi utilizado para determinação da atividade enzimática.

Meio 1: 2% glicose, 0,5% extrato de levedura, 0,5% $K_2HPO_4$, 1% peptona a pH 4,5.
Meio 2: 2% sacarose, 0,5% extrato de levedura, 0,5% $K_2HPO_4$, 1% peptona a pH 4,5.
Meio 3: 20% sacarose, 0,5% extrato de levedura, $NaNO_3$ 1%, $MgSO_4 .7H_2O$ 0,05%, $KH_2PO_4$ 0,25%, $NH_4Cl$ 0,5%, NaCl 0,25% a pH 5,5.
Meio 4: 20% sacarose, 5% extrato de levedura, 5% $K_2HPO_4$, 10% peptona a pH 4,5.

### 2.3 Determinação da atividade enzimática

Para a determinação da atividade enzimática, inicialmente adicionou-se 4,5mL de substrato (solução de sacarose 60% em tampão de acetato de potássio 0,05M a pH 4,5), em tubos ensaio, posteriormente 0,5 mL do extrato bruto enzimático e incubou-se a 60ºC por 30 min em banho incubador (Nova Ética) a 125 rpm. Um controle reacional foi realizado nas mesmas condições, porém sem sacarose. Após o tempo determinado, alíquotas de 10µL do meio reacional foram retiradas para determinar a concentração de glicose empregando o Kit enzimático glicose-oxidase (Glicose WS, Kovalent) e 2mL para quantificar açúcares redutores pelo Método Somogyi-Nelson (NELSON, 1944; SOMOGYI, 1945).

Uma unidade de frutofuranosidase ($U_F$), foi considerada como a quantidade de enzima necessária para hidrólise de 1 µmol de sacarose por minuto por mL e uma unidade de transfrutosilação ($U_{TF}$) como a quantidade de enzima necessária para transferir 1 µmol de frutose por minuto por mL.

$$AR = F + G \rightarrow F = AR - G \quad (1)$$

$$F_T = G - F \rightarrow F_T = 2G - ART \quad (2)$$

Onde, AR é açúcar redutor, F é frutose, G é glicose, $F_T$ é frutose transferida e ART são os açúcares redutores totais.

As Equações 1 e 2 permitiram deduzir as Equações 3 e 4 que relacionam as atividades de frutofuranosidase ($U_F$), obtida pela reação com Kit enzimático (Glicose WS), e de transfrutosilação ($U_{TF}$), respectivamente.

$$U_F = G \quad (3)$$

$$U_{TF} = 2G - ART \quad (4)$$

Onde, $U_F$ é unidade frutofuranosidase e $U_{TF}$ é unidade de transfrutosilação.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da produção de frutofuranosidases empregando os fungos filamentosos *A. niger* e *P. brasilianum* em fermentação submersa em diferentes tempos.

Tabela 1. Bioprodução de frutofuranosidase com os fungos *A. niger* e *P. brasilianum.*

| Micro-organismos | Enzimas | Tempo (h) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | 72 | 124 |
| | | Atividade (µ/min.mL) | | | | | | |
| | | **Meio 1** | | | | | | |
| *A. niger* | $U_F$ | 1,37±0,46$^{ab}$ | 1,06±0,26$^{b}$ | 1,85±0,20$^{a}$ | 0,83±0,14$^{bc}$ | 1,11±0,03$^{b}$ | 0,44±0,05$^{c}$ | 0,60±0,04$^{c}$ |
| | $U_{TF}$ | 2,90±0,46$^{ab}$ | 1,68±0,66$^{bc}$ | 3,01±0,33$^{a}$ | 0,97±0,27$^{cd}$ | 1,00±0,87$^{cd}$ | 0,00±0,00$^{d}$ | 0,00±0,00$^{d}$ |
| *P. brasilianum* | $U_F$ | 0,32±0,11$^{b}$ | 0,18±0,05$^{c}$ | 0,43±0,13$^{ab}$ | 0,20±0,10$^{c}$ | 0,21±0,01$^{c}$ | 0,64±0,04$^{a}$ | 0,55±0,07$^{a}$ |
| | $U_{TF}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,82±0,09$^{a}$ | 0,67±0,09$^{b}$ |
| | | **Meio 2** | | | | | | |
| *A. niger* | $U_F$ | - | 1,32±0,09$^{b}$ | 1,76±0,23$^{a}$ | 2,00±0,22$^{a}$ | - | 1,87±0,03$^{a}$ | - |
| | $U_{TF}$ | - | 1,06±0,04$^{c}$ | 1,86±0,08$^{b}$ | 2,36±0,24$^{a}$ | - | 1,27±0,10$^{c}$ | - |
| | | **Meio 3** | | | | | | |
| *A. niger* | $U_F$ | - | - | - | 6,29±1,45 | - | - | - |
| | $U_{TF}$ | - | - | - | 7,01±2,22 | - | - | - |
| | | **Meio 4** | | | | | | |
| *A. niger* | $U_F$ | - | - | - | 8,86±0,80 | - | - | - |
| | $U_{TF}$ | - | - | - | 0 | - | - | - |

*Médias ± desvio padrão seguidas de letras minúsculas iguais nas linhas indicam não haver diferença significativa ($p<0,05$) entre os tempos de produção.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que quando a produção de FOS ocorreu em meio 1 (2% glicose, 0,5% extrato de levedura, 0,5% $K_2HPO_4$, 1% peptona a pH 4,5), o fungo filmentosos, *A. niger*, apresentou a maior atividade, 1,85 e 3,01 para $U_F$ e de $U_{TF}$ em 36 horas, respectivamente. Enquanto que ao empregar o micro-organismo *P. brasilianum* a maior atividade foi de 0,64 e 0,84 para $U_F$ e de $U_{TF}$ em 72 horas, respectivamente.

Com base nestes dados, onde observa-se que o fungo *A. niger* apresentou maior atividade, decidiu-se variar o meio de produção (meio 2) empregando somente este micro-organismo durante 72 horas de bioprodução. Ao analisar os resultados de produção empregando o meio 2, composto por 2% sacarose, 0,5% extrato de levedura, 0,5% $K_2HPO_4$, 1% peptona a pH 4,5, não obteve-se incremento na produção enzimática, porém foi possível definir o tempo de produção em 48 horas. Assim, foram testados novos meios de produção, o meio 3 (20% sacarose, 0,5% extrato de levedura, $NaNO_3$ 1%, $MgSO_4$ .$7H_2O$ 0,05%, $KH_2PO_4$ 0,25%, $NH_4Cl$ 0,5%, NaCl 0,25% a pH 5,5) e o meio 4 (20% sacarose, 5% extrato de levedura, 5% $K_2HPO_4$, 10% peptona a pH 4,5), em 48 horas de bioprodução. Com estes meios obteve-se atividade de 6,29 e 7,01 para $U_F$ e $U_{TF}$, respectivamente para o meio 3 e 8,86 e 0 para $U_F$ e de $U_{TF}$ para o meio 4, respectivamente. A partir destes resultados conclui-se que o meio 3 de produção é o mais indicado para a produção de frutosiltransferases.

Ganaie et al. (2013), estudaram 20 micro-organismos para avaliar a produção de fructosiltransferase, durante 120 horas, em meio contendo 20% (w/v) de sacarose como fonte de carbono e obtiveram atividade entre 31 a 35 U/ml com os fungos filamentosos *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus* e *Penicillium islandicum*.

## 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI – Erechim, CAPES, FAPERGS e CNPq.

## 5. REFERÊNCIAS

GANAIE, M.A.,et al., 2014. Immobilization of fructosyltransferase by chitosan and alginate forefficient production of fructooligosaccharides. Process Biochemistry 49 - 840–844.

GANAIE, M.A., GUPTA, U.S., KANGO, N. (2013) Screening of biocatalysts for transformation of sucrose tofructooligosaccharides. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 97 - 12– 17.

SOMOGY M.A.,1945. New reagent for determination of sugars: a new sugar reagent. pp 61–68.

NASCIMENTO, A.K.C., et al., 2016. Screening of fungi from the genus Penicillium for production of fructofuranosidase and enzymatic synthesis of fructooligosaccharides. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 134 - 70–78.

NELSON N.,1944. A fotometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. J Biol Chen 153:375–380.

REMAUD-SIMEON, M.; LOPEZ-MUNGUIA, A.; PELENC, V.; PAUL, F.; MONSAN, P. Production and use of glucosyltransferases from Leuconostoc mesenteroides NRRL B -1299 for the synthesis of oligosaccharides containing a-(1,2) linkages. Applied.

SOMOGY M.A.,1945. New reagent for determination of sugars: a new sugar reagent. pp 61–68.

ZANINETTE, F., 2015. Efeito da concentração de sacarose na produção de frutooligossacarídeos e β-frutofuranosidases por Penicillium janczewskii Zaleski CCIBt 3352. Dissertação Mestrado - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo/SP.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPARATIVO NUTRICIONAL DO BLUEBERRIES RABBITEYE (*VACCINIUM ASHEI*) SUBMETIDO AO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO COM O FRUTO IN NATURA

**Thaís Cassiele Piovezan**
**Departamento de Engenharia Química - Unochapecó-SC**
thaiscassiele@unochapeco.edu.br

**Thales Ruan Piovezan**
Departamento de Engenharia Mecânica – IFRS- SC
tpiovezan.tp@gmail.com

**Rose Maria de Olivera Mendes**
Departamento de Engenharia Alimentos - Unochapecó-SC
rosemendes@unochapeco.edu.br

***Resumo.*** *A comercialização de mirtilo processado vem aumentando devido à melhoria na qualidade dos produtos ofertados no mercado nacional e internacional, além da facilidade para adquirir produtos prontos, mesmo quando é entressafra no país. Além do valor comercial agregado no mirtilo, a secagem reduz o desperdício e as perdas pós-colheita devido principalmente ao aumento da vida de prateleira do produto. Este artigo teve por objetivo verificar as propriedades físico-químicas do fruto in natura e do fruto após o processo de liofilização, transcrevendo a analise de cinzas, umidade, lipídeos, proteína, fibra bruta e carboidratos totais.Os resultados mostraram se satisfatórios quando comparados com os valores in natura garantindo um alimento de qualidade.*

***Palavras chaves:*** *Liofilização, propriedades físico-química, mirtilo.*

## 1. INTRODUÇÃO

O mirtilo é largamente cultivado em países do Hemisfério Norte, principalmente na Europa e Estados Unidos e mais recente iniciou-se o cultivo no Brasil. Nesses locais o consumo do mirtilo está bem disseminado, graças a suas propriedades nutricionais, além de ocorrer a divulgação da utilização dos frutos como "fonte da longevidade".

O trabalho (de Fachinello, 2008) cita devido o clima auxilia o cultivo de mirtilo em regiões da América do Sul, o Chile possui a maior plantação, com uma área cultivada de 2.500 hectares, em segundo a Argentina, com 1.500 hectares, e em terceiro lugar o Uruguai com 200 hectares. Conforme estudo (como Pagot, 2017) muitos destes países beneficiam-se da possibilidade de produção durante a entressafra europeia e norte-americana, possuindo assim um mercado mais disseminado desse produto.

No mercado nacional, o estado que mais consome esse fruto é São Paulo, onde se encontra o maior número de atacadistas da fruta, além do Entreposto Terminal de São Paulo (ETSP), da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP). Praticamente toda a produção é comercializada na forma *in natura* e, em menor escala, para produtos industrializados.

Trabalho recentemente (como Pagot,2017) o consumo de mirtilo *in natura* é a forma mais adequada para aproveitamento de suas propriedades, no entanto, a disponibilidade dessa fruta é limitada pela produção sazonal e alta perecibilidade associados ao elevado teor de água. Neste sentido o mirtilo pode ser processado por congelamento, métodos de desidratação e industrializado de diversas formas, como bebidas, geléias, entre outros.

Confome estudos (de Srivastava, 2007) para aumentar a vida de prateleira do produto são usados processos como a desidratação do fruto, como a liofilização, que consiste na sublimação da água. Quando se compara essa técnica com a desidratação convencional, a principal vantagem é a manutenção de grande parte das propriedades da fruta, pela utilização de baixas temperaturas. Contudo, como outros processos que envolvem retirada de água, se faz necessário um armazenamento adequado para manter as propriedades.

Atualmente através de estudos (como de Garcia, 2009), cita que a liofilização também chamada por outras nomenclaturas como criodesidratação ou criosecagem, é um processo diferenciado de desidratação do produto, pois ocorre em condições especiais de pressão e temperatura. Assim possibilitando que a água previamente congelada, ou seja, no estado sólido, passe diretamente ao estado gasoso sem passar pelo estado líquido. É um ótimo método de secagem para a obtenção de produtos desidratados com elevada qualidade. Consequentemente, ela tem sido empregada, principalmente, na desidratação de materiais com elevado custo comercial como as frutas sazonais .

Trabalho que estudam a liofilização (como Marques, 2008), cita que nesse processo o alimento é previamente congelado e então a quantidade de solvente (principalmente água) é reduzida, primeiramente por sublimação e posteriormente por dessorção, para que a quantidade de solvente seja muito insignificante, assim impedindo a atividade biológica e reações químicas Esse método de secagem ocorreu adequadamente em 1911 sendo o primeiro produto liofilizado o vírus da raiva. Atualmente, são rotineiramente liofilizadas grandes variedades de substâncias e produtos, tais como: alimentos, antibióticos, anticoagulantes, bactérias, vírus, enzimas, hormônios e frações de sangue.

Cada vez mais o processo de liofilização se mostra mais eficiente, quando comparado com outros meios de desidratação, as principais vantagens do processo são apresentadas a seguir:

- Produtos com estrutura inalterada, fáceis de transformar em pó e dissolver, fáceis de reidratar;
- Reduzidas alterações nos nutrientes, tais como cor, aroma e sabor;
- Aumento da conservação do alimento (inibição antimicrobiana);
- Reduzidas alterações nos nutrientes, tais como cor, aroma e sabor.

Logo submetendo o mirtilo ao um processo de liofilização modificará suas propriedades quando comparados com o fruto in natura, a partir disto o seguinte trabalho tem como objetivo demostrar como afeta o processo de liofilização no fruto, ou seja avaliando a suas propriedades nutricionais antes e depois do processo de liofilização.

## 2. METODOLOGIA

Os mirtilos foram armazenados durante um período de 30 dias, em seguida foram liofilizados, utilizados 58,02 g do fruto congelado á -80°C em um ultrafreezer por 4 horas e logo após realizou-se a liofilização com uma temperatura de -20°C e 50°C, pressão de 6,103 mbar por 120 horas.

Foram realizadas as seguintes análises: cinzas, umidade, lipídios, proteína, fibra bruta e carboidratos totais, utilizando as metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2008), todas análises realizadas em triplicatas do mirtilo *in natura* e liofilizado da empresa localizada no município de Itá-SC.

A umidade foi calculada através dos dados do processo de secagem e liofilização determinando a quantidade de água eliminada do processo.

Para análise de lipídios foram pesado cerca de 5 g da amostra, após foi realizada a extração via Soxhlet, com éter de petróleo por cerca de 4 horas. Após foi realizado a evaporação do solvente no rota evaporador e pesada a amostra final.

A determinação de protídeos foi feita baseada na determinação de nitrogênio, pelo processo de digestão Kjeldahl. Este método foi elaborado em 1883 e se baseia em três etapas: digestão, destilação, titulação.

Para cinzas foram pesados entre 5 a 10 g da amostra em uma cápsula, previamente aquecida em mufla a 550°C, resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Foi incinerado em mufla a 550°C por 5 horas.

A determinação do conteúdo provável de carboidratos na amostra foi efetuada por diferença entre 100 (percentual total) fazendo a somatório dos percentuais encontrados para umidade, cinzas, fração proteica, fibra e lipídios, obtendo a equação a seguir (UFRGS,2017):

*Carboidratos* (% g/g) = *100 – (% umidade + %cinzas + % proteínas + % gorduras + % fibras)*

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme o conceito teórico (de Silveira, 2007), o mirtilo contém uma quantidade de água, sendo chamada de umidade inicial e pode ser representada como uma porcentagem da massa total da fruta. Quando a umidade interna do fruto for maior do que a comparada a da atmosfera de armazenamento, as moléculas de água se movimentam de dentro para fora, ocorrendo perda de peso do fruto Assim os resultados obtidos para umidade demonstram que o fruto é *in natura* possui uma maior quantidade de água alterando a vida de prateleira do produto mais rapidamente, assim é necessária manter o fruto sob liofilização. Quando se trabalha com o produto liofilizado este percentual diminui, aumentando a vida de prateleira devido a umidade menor, dificultando o crescimento microbiano.

Tabela 1. Parâmetros avaliados do mirtilo in natura e liofilizado

| | Natural | Liofilizado |
|---|---|---|
| Umidade (% g/g) | 88,51 ± 0,02 | 22,42 ± 0,01 |
| Lipídeos (% g/g) | 0,30 ± 0,01 | 2,18 ± 0,01 |
| Proteína (% g/g) | 0,75 ±0,13 | 3,31 ± 0,24 |
| Cinza (% g/g) | 0,16 ± 0,05 | 1,59 ± 0,11 |
| Fibra (% g/g) | 2,49 ±0,32 | 10,98 ± 1,68 |
| Carboidratos (% g/g) | 7,79 | 59,52 |

A umidade constatada no mirtilo, para os frutos provenientes do mirtilos de Itá – SC 88,51% g/g d, semelhante aos valores encontrados pela USDA de 84 % g/g. A legislação brasileira não faz referência a teores de umidade para produtos liofilizados. Sedo a umidade obtida para o mirtilo liofilizado inteiro 22,42% g/g com desvio padrão 0,01.

Segundo dados do USDA o valor constatado foi de 0,33 % g/g de lipídios, já para o fruto cultivado em Itá-SC o valor é bem similar sendo 0,30%g/g, demostrando uma qualidade semelhante com os Estados Unidos. Para o mirtilo liofilizado inteiro foi obtido 2,18% g/g, esse resultado é devido ao processo de liofilização, pois são mantidas as propriedades do produto, demostrando que se mantem as propriedades mesmo depois de um processo de secagem.

Com relação à proteína os estudos do USDA descrevem que o valor deverá ser superior a 0,74 %, sendo o valor obtido experimentalmente superior a 0,75%. Os valores encontrados demonstram a semelhança com o mirtilo dos Estados Unidos, já o mirtilo liofilizado demostrou aumento da quantidade de proteína pela menor quantidade de água no fruto e devido ao processo realizado.

Trabalho recente (de Silveira, 2007) cita que a quantidade de fibras obtidas no mirtilo do grupo HIGHBUSH é de 1,69 % g/g em cada 100 g de fruto fresco. Nos frutos estudados obteve-se 2,49% g/g, essa variação ocorre devido as variações relacionadas à localização, clima, manejo entre outros. Outo ponto a ser comparado é que o mirtilo estudado apresenta uma quantidade superior de fibras quando se compara, além disto quando o mirtilo passa pelo processo de liofilização obtém-se um resultado mais significativo das fibras. Já o carboidratos ocorre um aumento significativo no liofilizado devido a diminuição da umidade do fruto.

Conforme o USDA, a quantidade de cinzas é 0,24 % no mirtilo, os resultados obtidos por meio das análises do fruto *in natura* foi de 0,16% g/g este valor pode ser inferior devido ao ecossistema onde localiza-se a plantação, mas o fruto liofilizado devido ao processo de secagem ser a baixas temperatura e a vácuo manteve-se os compostos e devido a diminuição de água teve uma quantidade bem mais elevada quando comparadas com o *in natura*.

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que o processo de liofilização mantém a qualidade nutricional do fruto. Sendo assim, é um método eficaz para aumentar a vida de prateleira de um produto e garantir a manutenção do valor nutricional do mesmo.

## 5. REFERÊNCIA

Fachinello , J. C., 2008 "*Mertilo*" . Rev. Bras. Frutic". Jaboticabal, 2°edição.
GARCIA, L. P.,2009 "*Liofilização aplicada a alimentos.".* Pelotas, RS.
MARQUES, L. G., 2008 "*Liofilização de frutas tropicais".*São Carlos, SP.
Pagot, E., 2018 *"Caracterização da espécie"* 28 de fevereiro de 2018 <http://www.mudasdemirtilo.com.br/sobreomirtilo.php A3o.html>.
Park, Y,K.,1997 "*Recentes progressos dos alimentos funcionais. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*" Campinas, volume.31.
Silveira,N G. Á.; Vargas P. N.; Rosa, C. S., 2007 "*Teor de polifenóis e composição química do mirtilo do grupo highbush. Alim. Nutr.*", Araraquara volume.18.
Srivastava, A., 2007. "*Effect of storage conditions on the biological activity of phenolic compounds of blueberry extract packed in glass bottles*." 28 fev.2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17348670>.
United States Departament Of Agricultural, 2016." *Blueberries health*".07 de Julho de 2018 <www.blueberry.org/nutrition>.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# QUALIDADE BLUEBERRIES RABBITEYE (*VACCINIUM ASHEI*) DO OESTE DE SANTA CATARINA

**Thaís Cassiele Piovezan**
Departamento de Engenharia Química - Unochapecó-SC
thaiscassiele@unochapeco.edu.br

**Thales Ruan Piovezan**
Departamento de Engenharia Mecânica – IFRS- SC
tpiovezan.tp@gmail.com

**Rose Maria de Olivera Mendes**
Departamento de Engenharia Alimentos - Unochapecó-SC
rosemendes@unochapeco.edu.br

***Resumo.*** *Cada vez mais as indústrias alimentícias vêm se adequando à crescente exigência do consumidor moderno. Entre as exigências destaca-se o desenvolvimento de produtos práticos e saudáveis com maior vida de prateleira assim utilizando a secagem tradicional como meio. Desta forma, este trabalho teve por objetivo verificar as propriedades físico-químicas do fruto in natura e do fruto após o processo de liofilização, transcrevendo a análise de cinzas, umidade, lipídeo, proteína, fibra bruta e carboidrato total do mirtilo. Os resultados mostraram-se satisfatórios quando comparados com os dados obtidos por mirtilos cultivados nos Estados Unidos e quando comparado com os valores in natura garante um alimento de qualidade ao passar pelo processo de secagem.*

***Palavra Chave:*** *propriedades físico-química do mirtilo, mirtilo, secagem tradicional.*

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos demostram (como Fachinello,2008) que o mirtilos pertencem à família das *Ericaceae*, subfamília das *Vaccinoiodae*, gênero *Vaccinium*, possuem diversas espécies, sendo definidas principalmente por três fatores: de acordo com o genótipo, hábito de crescimento, tipo de fruto produzido e outras características. Essas espécie possuem uma diferenciação desde a produção de mudas até a colheita e utilização dos frutos. Estes grupos são definidos como "*high bush*" (mirtilo gigante), "*rabbiteye*" (menor tamanho e de menor qualidade quando comparados ao anterior) e "*lowbush*" (frutos de pequeno tamanho se adapta a regiões de clima frio do Sul do Brasil)

Conforme estudo (de Mceachern,1998) o Blueberries Rabbiteye (*Vaccinium Ashei*) é cultivado em todo o sul dos Estados Unidos. O aumento da produção dessa espécie é devido ela ser mais resistentes às pragas que são comuns em outras duas espécies de mirtilo. Nos países americanos ainda não é tão bem disseminado o Blueberries Rabbiteye devido aos considerarem como pequenos e sem gosto. A planta que produz o mirtilo da espécie Blueberries Rabbiteye( *Vaccinium Ashei*) é um arbusto, composta por numerosos galhos, que se desenvolvem a partir da área da coroa. As frutas são carregadas no topo do arbusto em brotos que cresceram no ano anterior, sendo a colheita sazonal. Essa espécie possui subgrupos de mirtilo, como, *Woodard, Garden Blue, Delite, Briteblue, Climax, Brightwell e a Sharpblue.*

Recentemente estudos (de Pagot, 2017) A cultivar Clímax que melhor se adaptou ao sul do continente brasileiro, possuindo o tamanho dos frutos considerado médio, com o peso 1,8g e o tamanho entre 10,3 a 14,8mm, tendo uma película de coloração azul escuro. E o amadurecimento do fruto é de maneira relativamente uniforme.

Atualmente através de estudos (como Lima et al., 2000) têm crescido o interesse pelo consumo de frutas que apresentam na sua composição substância com atividade antioxidante.

Outros autores (como Chitarra, 1994; Vilas Boas, 2002) descreve que a qualidade do fruto não deve ser considerada com base nas características externas, como boa aparência, uma vez que que nem sempre apresentam características organolépticas desejáveis, assim a qualidade do fruto é definida com uma série de atributos como cor, textura, sabor entre outros

De acordo com estudos (como Lima et. Al., 2000) as características físicas como peso, diâmetro o fruto, textura, cor são fatores determinantes para a aceitação do consumidor. Além da composição físico-química que influencia significativamente nos atributos sensoriais e físicos do produto, conforme ocorre o amadurecimento da fruta ocorre modificações na textura, sabor e cor.

Através das literaturas (como Keey, 1972) cita que o métodos mais antigos de conservação pós-colheita de vegetais é a secagem. A mesma é definida como a remoção de substâncias voláteis, principalmente água, por meio da aplicação de calor, a fim de se obter um produto sólido.

A secagem é um dos processos mais eficientes para aumentar a vida de prateleira do produto *in natura*, servindo para assegurar a qualidade e estabilidade após a colheita, viabilizando o armazenamento dos frutos, mantendo adequados os teores de umidade, a fim de ampliar o período de processamento industrial. Além desses benefícios podemos citar que o alimento desidratado é nutritivo, apesar das perdas de alguns nutrientes no processo, o valor alimentício do produto concentra-se por causa da perda da água, além do processo de secagem é econômico.

Com isto foram realizado o procedimento de secagem tradicional do mirtilo, devido que diversos estudos ( como McMinn; Magee, 1999 e Gava,2008) como demostram que esta operação possibilita uma maior estabilidade ao produto, por meio da prevenção de crescimento e reprodução de micro-organismos indesejáveis; além de facilitar a manipulação, por meio da redução no peso do produto e do volume, diminuição da embalagem e dos custos de armazenamento e transporte. No entanto, diversas propriedades nutricionais do fruto podem ser degradadas com processos térmicos em alta temperatura.

## 2. METODOLOGIA

As análises foram realizadas no período de fevereiro a julho de 2018. Mirtilos da variedade Clímax foram obtidos de um produtor da cidade de Itá-SC, safra 2018, sendo mantidos sob congelamento até o momento das avaliações que foram realizadas no Laboratório de Bromotologia da Universidade Comunitária da Região de Chapecó-UNOCHAPECÓ. Os frutos foram disponibilizados pela empresa em condições semelhantes à utilizada na comercialização dos mesmos.

As avaliações foram realizadas nos mirtilo *in natura*, liofilizado, mirtilo moído e inteiro seco tradicionalmente e farinha de mirtilo de duas plantações da empresa de Itá -SC e Bom Retiro - SC.

Foram avaliados teores de umidade, cinzas, fibra bruta, carboidrato, proteína, lipídeos, valor energético. Sendo que umidade, cinzas, fibra bruta, lipídeos foram realizada em triplicatas e analise de proteína em duplicata. Todas as metodologias foram realizadas conforme descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Umidade

Trabalhos recentes (de Siveira, 2007) cita que o mirtilo contém uma quantidade de água, sendo chamada de umidade inicial e pode ser representada como uma porcentagem da massa total da fruta. Quando a umidade interna do fruto for maior do que a comparada a da atmosfera de armazenamento, as moléculas de água se movimentam de dentro para fora, ocorrendo perda de peso do fruto.Como os frutos pequenos possuem uma grande área de superfície exposta ao ambiente, há uma alta taxa de desidratação principalmente durante o armazenamento refrigerado. A porcentagem dessa perda de peso pode variar em função do aumento do período de armazenamento.

Os mirtilos foram armazenados durante um período de 30 dias, a umidade constatada no mirtilo, para os frutos provenientes de Bom Retiro-SC foi em média de 88,07% g/g e para os mirtilos de Itá – SC 88,51% g/g, semelhante aos valores encontrados pelo USDA (United States Departamento of Agriculture) de 84 % g/g. A quantidade de umidade da plantação brasileira é similar com a dos Estados Unidos demostrando uma semelhança favorável para a plantação e qualidade do fruto no pais, sendo está analise realizada em triplicata e considerando o desvio padrão (DP) das amostras.

Tabela 1. Umidade em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Itá

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo *in natura* | 88,51 | 0,02 |
| Mirtilo seco inteiro | 17,45 | 0,01 |
| Mirtilo seco moído | 17,45 | 0,02 |

Tabela 2.Umidade em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Bom Retiro

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo *in natura* | 88,07 | 0,01 |
| Mirtilo seco inteiro | 17,22 | 0,01 |
| Mirtilo seco moído | 17,45 | 0,05 |

| | | |
|---|---|---|
| Liofilizada | 22,42 | 0,01 |

### 3.2 Determinação de lipídeos

Segundo dados do USDA o valor constatado foi de 0,33 % g/g de lipídios. A quantidade de lipídios do fruto seco e *in natura* apresentam valores próximos com uma variação pouco significativa, sendo está variação demonstra que o fruto plantado no sul do Brasil. Sendo está analise realizada em triplicata e considerando o desvio padrão (DP) das amostras.

Tabela 3.Lipídeos em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Itá

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo *in natura* | 0,30 | 0,01 |
| Mirtilo seco inteiro | 0,36 | 0,02 |
| Mirtilo seco moído | 0,38 | 0,02 |

Tabela 4.Lipídeos em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Bom retiro

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo *in natura* | 0,30 | 0,01 |
| Mirtilo seco inteiro | 0,38 | 0,03 |
| Mirtilo seco moído | 0,36 | 0,04 |

### 3.3 Proteínas

Com relação à proteína os estudos do USDA descrevem que o valor deverá ser superior a 0,74 %, sendo que os valores experimentalmente obtidos foram superiores ao exigido pelo USDA. Em relação ao mirtilo cultivado nos Estados Unidos o cultivado na região sul do Brasil apresenta um pequeno aumento que pode estar relacionado a cultivar , solo ou clima.

Tabela 5. Proteína em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Itá

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo *in natura* | 0,75 | 0,13 |
| Mirtilo seco inteiro | 0,91 | 0,06 |
| Mirtilo seco moído | 1,06 | 0,01 |

Tabela 6. Proteína em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Bom Retiro

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo *in natura* | 0,75 | 0,21 |
| Mirtilo seco inteiro | 0,92 | 0,00 |
| Mirtilo seco moído | 0,97 | 0,09 |

### 3.4 Fibra bruta

Trabalho recente (de Silveira ,2007), cita que a quantidade de fibras obtidas no mirtilo do grupo HIGHBUSH é de 1,69 % g/g em cada 100 g de fruto fresco. Nos frutos estudados a variação da quantidades de fibras ocorre devido ao gênero estudado ser Vaccinium, variações na localização, clima, manejo entre outros. Não foi comparado com a legislação brasileira, pois não tem até o momento uma que rege estes valores.

Tabela 7.Fibra em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Itá

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo in natura | 2,40 | 0,32 |
| Mirtilo seco inteiro | 2,60 | 0,20 |
| Mirtilo seco moído | 2,50 | 0,12 |

Tabela 8..Fibra em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Bom Retiro

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo in natura | 2,20 | 0,00 |
| Mirtilo seco inteiro | 2,70 | 0,70 |
| Mirtilo seco moído | 2,50 | 0,40 |

### 3.5 Resíduo por incineração – Cinzas

As cinzas podem ser consideradas como uma medida geral de qualidade nos alimentos, devido que quanto maiores teores de cinza, maiores teores de cálcio, magnésio, ferro, fósforo, sódio e outros componentes minerais nos frutos. A medida que reduz a umidade, aumenta a quantidade de cinza, além do mais devido a mudança de solo, água pode ser um dos fatores que fez Bom Retiro possuir a maior quantidade de cinza do fruto *in natura.* Sendo esta analise realizada em triplicata e considerando o desvio padrão, demostrado nas tabelas a seguir.

Tabela 9. Cinza em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Itá

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo in natura | 0,16 | 0,05 |
| Mirtilo seco inteiro | 1,33 | 0,07 |
| Mirtilo seco moído | 1,40 | 0,01 |

Tabela 10.Cinza em porcentagem do fruto a cada 100g na localidade de Bom Retiro

| | Teor | DP |
|---|---|---|
| Mirtilo in natura | 0,26 | 0,02 |
| Mirtilo seco inteiro | 1,33 | 0,04 |
| Mirtilo seco moído | 1,28 | 0,09 |

Conforme o USDA, a quantidade de cinzas é 0,24 % no mirtilo, os resultados obtidos por meio das análises do fruto *in natura* das duas plantações da empresa foram 0,21%, está variação do resultado pode ocorrer devido à temperatura de secagem ou localização da plantação.

### 3.6 Carboidratos totais

Trabalho recente (de Silveira ,2007), cita que o mirtilo do grupo HIGHBUSH possui 9,77 % g/g em cada 100 g de fruto fresco de carboidrato. Os valores obtidos deram um pouco inferiores devido às variações nas quantidades de cinzas, lipídeo e proteína no fruto estudado.

Tabela 11. Carboidrato em porcentagem do fruto a cada 100g

| | Bom Retiro | Itá |
|---|---|---|
| Mirtilo in natura | 8,41 | 7,88 |
| Mirtilo seco inteiro | 11,90 | 12,04 |
| Mirtilo seco moído | 12,32 | 12,03 |

## 4. CONCLUSÃO

O fruto *in natura* e seco quando comparado com as propriedades físico química do mirtilo estudado pela United States Departament Of Agricultural (USDA) mostram um resultado pertinente sendo que os valores bromatológicos encontrados nos frutos cultivados nas duas regiões do Estado de Santa Catarina são semelhantes à dos Estados Unidos.

## 5. REFERÊNCIA

ALMEIDA, L. C. P,2013 "*Desidratação Osmótica E Secagem Convectiva De Uvas Da Cultivar Crimson"*, Florianópolis.

Chitarra, M.I.F, Chitarra, A.D., 1990 "*Pós conheita de frutos e hortaliças, fisologica e manuseios*." Lavras ESAL/FAEPE.
Fachinello , J. C., 2008 "*Mertilo . Rev. Bras. Frutic*". Jaboticabal, 2°edição.
Jesus, T. F., 2018 "*O Mirtilo e suas Propriedades Terapêuticas*". 28 fev 2018 <http://nutrigoldsaude.com.br/data/e06f20a7ee.pdf>.
Keey, R. B., 1972 "Drying principles and practice.ed". Oxford, New York,1° edição.
Lima, E.D.P.A ET AL., 2000 "*Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira em cinco estádios de maturação da polpa e néctar*." Jaboticabal, 2° edição.
Marques, L. G.,2008 "*Liofilização de frutas tropicais*" São Carlos.
Mcminn, W. A. M., MAGEE, T. R. A.,1999 "*Principles, methods and applications of the convective drying of foodstuffs.Food and Bioproducts Processing*"
Pagot, E., 2018 "*Caracterização da espécie*." 28 fev.2018 <http://www.mudasdemirtilo.com.br/sobreomirtilo.php A3o.html>.
Park, Y,K.; KOO,M.H.; CARVALHO, P.O.,1997 "*Recentes peogressos dos alimentos funcionais. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*" Campinas, volume.31.
Pinheiro, D. M., "A química dos alimentos: *carboidratos, lipídios, proteínas e minerais*." <http://www.usinaciencia.ufal.br/multimidia/livros-digitais-cadernos-tematicos/A_Quimica_dos_Alimentos.pdf >.
Silveira,N G. Á.; Vargas P. N.; Rosa, C. S., 2007 "*Teor de polifenóis e composição química do mirtilo do grupo highbush. Alim. Nutr.",* Araraquara volume.18.
UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURAL, 2016. *"Blueberries health*". 29 de Julho de 2018. <www.blueberry.org/nutrition>.
Vilas Boas, E.V.B.,2002 "*Qualidade de alimentos vegetais*" Lavras, UFLA/FAEPE.
Weiss, E. I. et al, 2005 "*Cranberry juice constituents affect influenza virus adhesion and infectivity*". 28 de fevereiro de2018. < https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15781126>.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# QUALIDADE DO AZEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEM CONDIMENTADO COM ALECRIM (*Rosmarinus officinales*) E ORÉGANO (*Origanum vulgare L.)*

**Vanessa Dall Agnol**[1]
**Stefany G. Arcari**[2]
**Marla Sganzerla**[1]
**Andréia Zilio Dinon**[1]

[1]Universidade do Estado de Santa Catarina -UDESC – Campus de Pinhalzinho – Rua Fernando de Noronha, Km 573, BR 282, CEP: 89870-000; [2] Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, Campus de São Miguel D'Oeste, Rua Vinte e Dois de Abril - São Luiz, São Miguel do Oeste - SC, CEP: 89900-000.
vanessa.dallagnol2016@gmail.com; stefany.arcari@ifsc.edu.br; marla.sganzerla@udesc.br; andreia.dinon@udesc.br

**Resumo***: Especiarias e ervas aromáticas são frequentemente adicionadas aos azeites extra virgens (AOEV) para produção de "azeite condimentado ou aromatizado" a fim de melhorar suas propriedades e suas características sensoriais. O objetivo deste trabalho foi avaliar as mudanças físico-químicas dos azeites condimentados com alecrim e orégano em relação à amostra de Azeite de Oliva Extra Virgem (AOEV) sem condimentação. Os azeites condimentados foram preparados por maceração com alecrim e orégano de forma combinada (1:1, m/m) nas concentrações de 2,5%, 5% e 10% por 24 horas. As modificações dos óleos condimentados foram comparadas com a amostra controle, AOEV sem condimentação. As seguintes análises foram realizadas para avaliar os parâmetros de qualidade: acidez, peróxidos,Coeficientes Específicos de Extinção $K_{232}$ (absorbância no comprimento de onda 232 nm) $K_{270}$ (absorbância no comprimento de onda 270 nm) $\Delta K$ (coeficiente de variação) e parâmetros de cor L*, a* e b*. Os resultados mostraram que a adição de alecrim e orégano não alterou a acidez, mas aumentou o índice de peróxidos dos AOEV condimentados em relação a amostra controle. Os valores de $K_{232}$, que indicam a presença de compostos de oxidação primária, se mantiveram estáveis para as amostras AOEV condimentadas na concentração de 2,5% e na amostra controle, aumentando para as amostras AOEV condimentadas nas concentrações de 5,0% e 10%. Contudo, os valores permaneceram de acordo com a legislação vigente. O valor de $K_{270}$ que indica a presença de compostos de oxidação secundária, aumentou com o aumento da concentração dos condimentos e permaneceu de acordo com a legislação vigente apenas para a amostra controle. O $\Delta K$ permaneceu estável para todas as amostras. Os parâmetros de cor mostraram que a condimentação reduziu a luminosidade, o que resultou em azeites mais escuros.*

**Palavras-chaves:** *azeite de oliva extra virgem, condimentação, alecrim, orégano.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Azeite de Oliva Extra Virgem (AOEV) é obtido através da prensagem à frio dos frutos da oliveira, retém a maior parte dos componentes naturais como pigmentos, compostos fenólicos e compostos voláteis (WATERMAN & LOCKWOOD, 2007). A composição química do azeite de oliva inclui uma composição rica em ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oleico, e poli-insaturados, principalmente ácido linoleico e ácido linolênico, além disso, o azeite de oliva é rico em carotenoides, fitosterol, flavonoides e fenóis que contribuem para a qualidade do azeite e melhoram a estabilidade oxidativa em comparação com outros óleos vegetais (COVAS, 2008; SERVILI & MONTEDORO, 2002).

Vários estudos já mostraram os efeitos benéficos da adição de condimentos como tomilho, alecrim e manjericão (AYADI *et al.*, 2009), ervas e especiarias (GAMBACORTA *et al.*, 2007) nas características sensoriais do azeite. Especiarias e ervas aromáticas são frequentemente adicionadas aos azeites extra virgens para produção de "azeite condimentado ou aromatizado" a fim de melhorar suas propriedades e suas características sensoriais (ANTOUN & TSIMIDOU, 1997). A composição do aroma depende dos ingredientes utilizados. Alguns artigos relatam a aromatização de azeite com manjericão (VEILLET, TOMAO E CHEMAT, 2010), pimenta (BAIANO *et al.*, 2009) e óleos essenciais da família *Laminaceae* (TSIMIDOU & BOSKOU, 1994). A inclusão de ervas aromáticas melhora as características

sensoriais dos azeites de oliva, sendo que a concentração desses condimentos deve ser mantida em níveis baixos ou moderados a fim de garantir a aceitabilidade sensorial pelos consumidores (KANDYLIS *et al.*, 2011).

O alecrim (*Rosmarinus officinais L.*) é um antioxidante natural e popular devido a sua capacidade antioxidante e solubilidade em lipídios. A capacidade antioxidante do extrato de alecrim é atribuída à presença de diterpenos fenólicos, radicais hidroxil e peroxil, que previnem a oxidação lipídica (GALLEGO *et al.*, 2013). Três tipos de di- terpenos fenólicos são encontrados no extrato de alecrim: ácido carnósico, carnosol e rosmanol. O ácido carnósico é o principal diterpeno fenólico e o componente antioxidante mais ativo (THORSEN E HILDEBRANDT, 2003).

O orégano possui dois dos principais fenóis com propriedades antimicrobianas, o carvacrol e o timol (FUKAYAMA., 2005). Segundo Cervato *et al.* (2000), extratos de orégano foram eficazes em quantidades de 0,1 a 1 mg de folhas secas para a prevenção de todas as fases do processo oxidação lipídica, incluindo a neutralização dos radicais livres, o bloqueio da peroxidação e da propagação de radicais livres na cadeia de reações.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as mudanças físico-químicas e os parâmetros de cor de AOEV adicionados de alecrim e orégano combinados (1:1, m/m) nas concentrações de 2,5%, 5% e 10 % em relação a amostra de azeite sem condimentação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Amostras

O azeite de oliva extra virgem (AOEV), o alecrim e o orégano, foram adquiridos no comércio local da cidade de Pinhalzinho-SC, Brasil. As ervas aromáticas foram adicionadas na sua forma seca diretamente no AOEV conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Preparo das amostras de azeite de oliva extra virgem adicionadas de ervas aromáticas.

| Amostras | Concentração | Quantidade azeite oliva (mL) | Quantidade de ervas aromáticas (g) |
|---|---|---|---|
| **1** | 2,5% | 60 | 0,75 g alecrim +0,75 g orégano |
| **2** | 5% | 60 | 1,5 g alecrim + 1,5 g orégano |
| **3** | 10% | 60 | 3 g de alecrim + 3 g de orégano |
| **Controle** | 0 | 60 | sem adição de ervas aromáticas |

As amostras de AOEV adicionadas de ervas aromáticas foram maceradas por 24 horas, com agitação manual dos frascos de forma ocasional, segundo a metodologia de Benmoussa *et al*. (2016) à temperatura ambiente de 25ºC, protegidos da exposição da luz em posição estática, para permitir uma melhor difusão e extração dos aromas para o azeite.

### 2.2 Avaliação da Qualidade dos Azeites

Os azeites condimentados e a amostra controle foram avaliados quanto a mudanças físico–químicas após a maceração. Os seguintes parâmetros de qualidade foram avaliados: índice de acidez por titulação com NaOH 0,1N, índice de peróxido por titulação com tiossulfato de sódio 0,01N, coeficientes específicos de extinção a 232 e 270 nm, realizado por espectrofotômetro UV (Quimis, UV Microprocessado, São Paulo, Brasil). Todas as análises foram determinadas de acordo com os métodos da União Europeia, Regulamento 2568/91, anexos II e IX (CEE, 1991) e pela AMERICAN OIL CHEMISTS´ SOCIETY (AOCS, 1990).

Índice de acidez em ácido oleico:

$$\text{Ácido oleico \% p/p} = (V \times FC \times 100 \times 0.0282) / P \quad (1)$$

Onde:
V = volume de NaOH gasto na titulação da amostra
FC = fator de correção da solução de NaOH
P = massa da amostra (g)

Índice de Peróxidos:

$$IP\ (mEqO_2.\ Kg^{-1}) = (A-B) \times N \times F \times 1.000/P \quad (2)$$

Onde:
A = mL da solução de tiossulfato de sódio usada na titulação da amostra
B = mL da solução de tiossulfato de sódio usada na titulação da prova em branco
N = normalidade da solução de tiossulfato de sódio

F= Fator de correção do Tiossulfato de sódio
P = massa da amostra (g)

Coeficientes específicos de extinção a 232 e 270 nm e ΔK:

$$K_{232} = \frac{A_{232}}{C \times l} \quad (3)$$

$$K_{270} = \frac{A_{270}}{C \times l} \quad (4)$$

$$\Delta K = K_{270} - \frac{A_{266} + A_{274}}{2} \quad (5)$$

Onde:
$A_{232}$, $A_{266}$, $A_{270}$, $A_{274}$, são as absorbâncias para os respectivos comprimentos de onda (nm);
c = concentração de azeite em g/100 ml
l = percurso óptico (1 cm)
$\Delta K$ = Coeficiente de variação

A cor dos azeites condimentados e da amostra controle foram avaliados quanto a cor pelos parâmetros L*, a* e b* em colorímetro (Hunter Lab Mini Scan ®, Modelo EZ) pela análise direta de cada amostra, conforme orientações do fabricante. O valor do ΔE* foi calculado pela seguinte equação:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (6)$$

Onde:
ΔE* = variação da diferença na tonalidade da cor, incluindo brilho, tom e saturação,
ΔL* = variação do L* entre o controle e as amostras,
Δa*= variação do a* entre o controle e as amostras,
Δb* = variação do b* entre o controle e as amostras.

Todas as análises foram realizadas em triplicata (n=3), com exceção da análise de cor, realizada em quintuplicata.

## 2.3 ANÁLISE DE ESTATÍSTICA

As médias obtidas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e comparação das médias pelo teste de Tukey em nível de 95% de confiança, com uso do software Statistica 7.0 (Statsoft, USA).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Parâmetros físico-químicos para azeites macerados

Os resultados dos índices de acidez e de peróxidos para os azeites de oliva macerados com alecrim e orégano nas concentrações de 2,5%, 5% e 10% encontram-se nas Figuras 1 e 2.

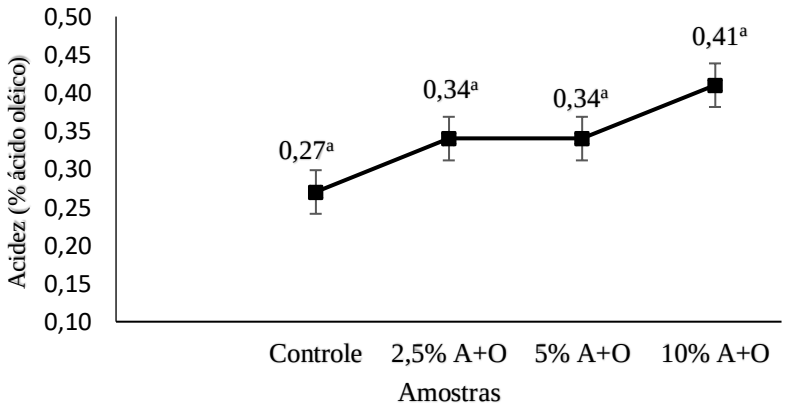



Figura 1 – Resultado da acidez (%) para azeites de oliva sem condimento (controle) e condimentados com alecrim e orégano (1:1, m/m) nas concentrações de 2,5% (2,5% AO), 5% (5% AO) e 10% (10% AO).

A Figura 1 mostra que não houve variação estatística significativa ($p > 0,05$) para a acidez das amostras de AOEV condimentadas em relação à amostra controle. Todos os valores de acidez obtidos foram inferiores ao limite máximo de 0,8% de ácido oleico estabelecido pelo Regulamento da UE 2568/91 (ECC, 1991) para o AOEV. Resultados semelhantes também foram verificados nos estudos de Ayadi *et al.* (2009). Estudos de Gambacorta *et al*. (2007) observaram que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) nos azeites condimentados com alho, pimenta e orégano em relação ao controle após sete meses de armazenamento e demostraram que esses condimentos adicionados ao azeite não afetaram a acidez ao longo do tempo.

Figura 2 - Resultados obtidos para o índice de peróxidos.

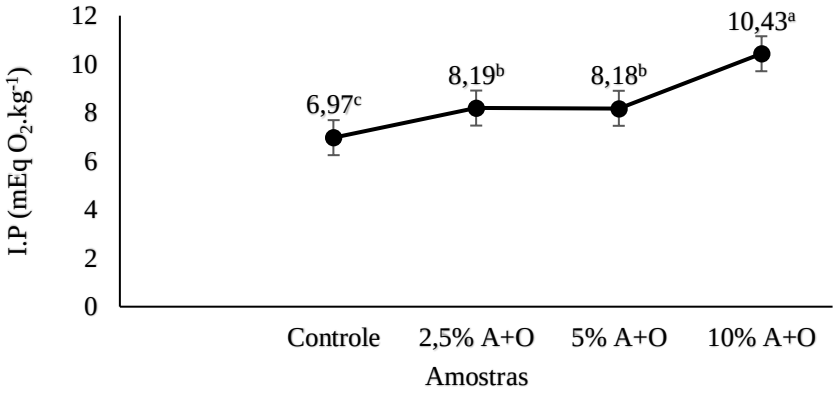



Figura 2 - Resultado do índice de peróxidos para azeites de oliva sem condimento (controle) e condimentados com alecrim e orégano (1:1, m/m) nas concentrações de 2,5% (2,5% AO), 5% (5% AO) e 10% (10% AO).

Houve aumento significativo ($p < 0,05$) e crescente para o índice de peróxidos de todas as amostras condimentadas em relação a amostra controle, como observa-se na Fig. 2. Os valores de peróxidos para a amostra controle e para os azeites condimentados, com exceção da amostra com 10% de condimento, foram inferiores a 10 mEq.O2 /$kg^{-1}$ Fig. 2, sendo esses valores inferiores ao máximo permitido de 20 mEq.$O_2$ / $kg^{-1}$ para azeites extra virgens conforme a legislação europeia (ECC, 1991). Gambacorta *et al*. (2007), avaliou o índice de peróxidos durante quatro meses de armazenamento do azeite de oliva condimentado com alho, pimenta e orégano. No início do armazenamento, todas as amostras condimentadas apresentaram valores de peróxidos em torno de 15 mEq.$O_2$ / $kg^{-1}$. Os autores explicam que esse aumento das amostras condimentadas em relação ao controle é devido a oxidações primárias, dos próprios componentes dos condimentos que migraram para o óleo durante a maceração.

### 3.2 Coeficiente de Extinção Específica no UV 232, 270 nm e ΔK

Os resultados para a análise por espectrometria no ultravioleta e ΔK, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de extinção UV em 232 e 270 nm e ΔK para azeites de oliva sem condimento (controle) e condimentados com alecrim e orégano (1:1, m/m) nas concentrações de 2,5%, 5 % e 10%.

| **Tratamentos** | **$K_{232}$** | **$K_{270}$** | **ΔK** |
|---|---|---|---|
| **Controle** | $1,60 \pm 0,00^{d}$ | $0,20 \pm 0,00^{d}$ | $-0,01 \pm 0,00^{a}$ |
| **A+O – 2,5%** | $1,67 \pm 0,00^{c}$ | $0,23 \pm 0,00^{c}$ | $-0,01 \pm 0,00^{a}$ |
| **A+O – 5%** | $1,83 \pm 0,00^{b}$ | $0,27 \pm 0,00^{b}$ | $-0,01 \pm 0,00^{a}$ |
| **A+O – 10%** | $1,84 \pm 0,00^{a}$ | $0,29 \pm 0,00^{a}$ | $-0,01 \pm 0,00^{a}$ |

* Amostras: A+O = Condimentação de alecrim e oregano (1:1, m/m), seguida da porcentagem total de condimentos adicionada no azeite.

A análise espectrofotométrica no ultravioleta fornece indicações de qualidade e pureza de um azeite. Os valores destes coeficientes $K_{270}$ (270 nm), $K_{232}$ (232 nm) e ΔK, são utilizados para avaliar a autenticidade e a qualidade do azeite

(BOSKOU *et al.*, 1995). Os hidroperóxidos conjugados absorvem em 232 nm e os produtos da oxidação secundária, aldeídos e cetonas, absorvem em comprimentos de onda de 262, 268, 270 e 274 nm. Os dienos e trienos conjugados absorvem a 270 nm (KIRITSAKIS, 1998). Na Tabela 1, observa-se que os valores de $K_{232}$ e $K_{270}$ aumentam com o aumento da concentração de condimentos. Contudo, todos os valores para $K_{232}$ estão abaixo do limite máximo de 2,5 estabelecido pela legislação europeia (CEE, 1991).

A determinação do coeficiente de extinção a 270 nm ($K_{270}$), indica a propagação de compostos de oxidação lipídica. Conforme a Tabela 1, a amostra de azeite controle está de acordo com a legislação europeia que permite o valor máximo de 0,22 para este parâmetro (CEE, 1991). Todas as demais amostras apresentaram valores superiores ao permitido pela legislação e concordam com estudos anteriores (SOUSA *et al*.,2015). O Coeficiente de variação (ΔK) permaneceu constante para todas as amostras analisadas (Tabela 1).

### 3.3 Cor após a maceração com alecrim e orégano

As alterações nos valores de cor conforme o sistema CieL*a*b* para as amostras de AOEV controle e condimentadas estão na Tabela 2.

Tabela 2 - Avaliação da cor em azeite condimentado com alecrim e orégano em diferentes concentrações.

| Tratamentos | L* | a* | b* | ΔE* |
|---|---|---|---|---|
| **Controle** | 65,21 ± 0,65[a] | - 0,90 ± 0,04[c] | 80,30 ± 0,62[d] | - |
| **A+O – 2,5%** | 63,00 ± 0,63[b] | - 0,85 ± 0,03[c] | 82,34 ± 0,51[c] | 2,93 |
| **A+O – 5,0%** | 60,56 ± 0,49[d] | 0,29 ± 0,01[b] | 83,83 ± 0,60[b] | 4,19 |
| **A+O – 10%** | 61,76 ± 0,48[c] | 1,12 ± 0,02[a] | 87,01 ± 0,55[a] | 4,55 |

* Amostras: A+O = Condimentação de alecrim e oregano (1:1, m/m), seguida da porcentagem total de condimentos adicionada no azeite.

O referencial L* mede a luminosidade da amostra, que pode variar de 0 (preto total) à 100 (branco total). O parâmetro a* positivo mostra a tendência da cor para a tonalidade vermelha e a* negativo a tendência da cor para a tonalidade verde. O referencial b* positivo é a tendência da cor para a tonalidade amarela e b* negativo a tendência da cor para a tonalidade azul (BORCHANI *et al*., 2011). A análise dos parâmetros de cor mostram que a condimentação reduz significativamente ($p < 0,05$) a luminosidade das amostras condimentadas, ou seja, deixa os azeites mais escuros (Tabela 2). O parâmetro a* negativo para a amostra controle e condimentada a 2,5% indica a tendência da cor do azeite para a tonalidade verde e o parâmetro b* positivo a tendência para a cor amarela. Houve aumento significativo no parâmetro b* para todas as amostras condimentadas em relação à amostra controle, levando a azeites com tons mais amarelos (Tabela 2). Essas mudanças na cor dos azeites condimentados em relação a amostra controle, pode ser atribuída a migração de compostos como ácidos orgânicos, fenólicos, pigmentos e antioxidants das plantas aromáticas para o azeite durante o processo de maceração (AYADI *et al*.,2009). Os valores de ΔE, permitem avaliar a diferença de cor entre as amostras em relação a amostra controle. Observa-se um aumento crescente dos valores de ΔE nas amostras condimentadas, sendo que na concentração de 2,5% o valor ficou entre 1,5 e 3,0 considerado visivelmente distinguível e resultados superiores a 4,0, considerados facilmente distinguíveis ,para as amostras condimentadas nas concentrações de 5% e 10% (Tabela 2). Assim, foi observada alteração visual da cor de todas as amostras condimentadas em relação a amostra controle.

## 4. Conclusão

O AOEV condimentado com alecrim e orégano de forma conjunta não alterou a acidez, mas aumentou o índice de peróxidos em relação a amostra controle. Os valores de $K_{232}$, que indicam a presença de compostos de oxidação primária, aumentaram para as amostras AOEV condimentadas nas concentrações de 5,0% e 10%. Contudo, os valores permaneceram de acordo com a legislação vigente. O valor de $K_{270}$ que indica a presença de compostos de oxidação secundária, aumentou com o aumento da concentração dos condimentos e permaneceu de acordo com a legislação vigente apenas para a amostra controle. Os parâmetros de cor mostraram que a condimentação reduziu a luminosidade, o que resultou em azeites mais escuros e com modificações visíveis de cor.

## 5. AGRADECIMENTOS

Bolsa de pesquisa de mestrado PROMOP/UDESC, projeto FAPESC 2017TR721.

## 6. REFERÊNCIAS

AMERICAN OIL CHEMISTS´ SOCIETY, 1990. *Offcial methods and recommended praticces of the American Oil Chemists` Society*. 4th ed.

Antoun, N., Tsimidou, M., 1997. "Gourmet olive oils: Stability and consumer acceptability studies". *Food Research Internatinal*, v. 30, p.131 – 136.

Ayadi, M. A., Grati-kamoun, N., Attia, H., 2009. "Physico-chemical change and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants". *Food and Chemical Toxicology*, v. 47, p. 2613- 2619.

Baiano, A., Terracone, C., Gambacorta, G., La Notte, E., 2009. "Changes in quality indices, phenolic content and antioxidant activity of flavored olive oils during storage". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 86, p.1083 - 1092.

Ben-hassine, K., Taamalli, A., Ferchichi, S., Mlaouah, A., Benincasa, C., Romano, E., 2013. "Physicochemical and sensory characteristics of virgin olive oils in relation to cultivar, extraction system and storage conditions". *Food Research International*, v. 54, p.1915- 1925.

Benmoussa, H., farhat, A., elfalleh, W., maio, I.D servili, M., romdhane, M.,2016. "A rapid application to flavor the olive oil with dried rosmarinus officinalis l. Leaves: microwave-assisted maceration". *Journal of Food Processing and Preservation*, v.41.

Boskou, D., Belkas, G., Tsimidou, M., 1995. "Contribution of α – tocopherol to olive oil stability". Food Chemistry, v.52, p. 289 – 294.

Borchani, C., Masmoudi, M., Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C., Blecker, C., 2011. "Effect of date flesh fiber concentrate addition on dough performance and bread quality". *J of Text Stud*, 42, 300-308.

Brown, W. V., Karmally, W., Kris-etherton, P., Rudel, L. R.,2009. *J. Clin. Lipidol.* v. *3*, p.303.

Cervato, G., Carabelli, M., Gervasio, S., 2000. "Antioxidant properties of oregano (Origanum vulgare) leaf extr acts *". J Food Biochem.* v. 24, p. 453- 465.

Covas, M. I.,2008. "Bioactive effects of olive oil phenolic compounds in humans: Reduction of heart disease factors and oxidative damage". *Inflammopharmacology*, v. 16, p.216–218.

Frankel, E. N., 2011. "Nutritional and biological properties of extra virgin olive oil". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, p. 785–792.

Fukayama, E.H., 2005. "Extrato de orégano como aditivo em rações para frangos de corte". *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2316-26.

Gambacorta, G., Faccia, M., Pati, S., Lamacchia, C., Baiano, A., La Notte, E., 2007. "Changes in the chemical and sensorial profile of extra virgin olive oils flavored with herbs and spices during storage". *Journal of Food Lipids*, v. 14, p.202- 215.

Gallego, G.M., Gordon, M.H., Francisco, J. Segovia, F.J., Skowyra, M., Almajano, M.P., 2013 "Antioxidant Properties of Three Aromatic Herbs (Rosemary, Thyme and Lavender) in Oil-in-Water Emulsions". *J Am Oil Chem Soc*, v. 90, p. 1559–1568.

Kandylis, P., Vekiari, A. S., Kanellaki, M., Kamoun, N. G., Msallem, M., Kourkoutas, Y., 2011. "Comparative study of extra virgin olive oil flavor profile of Koroneiki variety (Olea europaea var. Microcarpa alba) cultivated in Greece and Tunisia during one period of harvesting". *LWT - Food Science and Technology*, v. 44, p. 1333 -1341.

Katragadda H.R., Fullana, A., Sidhu, S., Carnonell-barrachina, A., 2010. "Emissions of volatile aldehydes from heated cooking oils". *Food chemistry*. v.120, p. 59-65.

Kiristsakis, A. K., 1998. "Olive oil: From the tree to the table". *Second Edition Food and Nutrition Press Incorporation.* Trumbull, Connecticut.

Regulamento da Comissão (ECC) nº 2568/9, 1991. Relativo às características do azeite e óleo de bagaço de azeitona e nos métodos de análise pertinentes. Jornal Oficial da União Europeia, L248, p. 1-82.

Servili, M., montedoro, G., 2002. "Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality". *European Journal of Lipid Science and Technology*. v. 14, p. 602–613.

Sousa, A., Casal, S., Malheiro, R., Lamas, H., Bento, A., Pereira, J. A., 2015. "Aromatized olive oils: Influence of flavouring in quality, composition, stability, antioxidants, and antiradical potential". *LWT-Food Science and Technology*, v. 60, p. 22- 28.

Tsimidou, M., Boskou, D., 1994. "Antioxidant activity of essential oils from the plants of the Lamiaceae family". In G. Charalambous (Ed.). *Spices, herbs and edible fungi*. Amsterdam: Elsevier, p. 273 – 284.

Thorsen, M. A, Hildebrandt, K. S., 2003. "Quantitative determination of phenolic diterpenes in rosemary extracts: Aspects of accurate quantification". *Journal of Chromatography*, v. 995, p.119 –125.

Veillet, S., Tomao, V., Chemat, F., 2010. "Ultrasound assisted maceration: An original procedure for direct aromatisation of olive oil with basil". *Food Chemistry*, v.123, p. 905 – 911.

Warner, K., 2002. "Chemistry of frying". *Food lipids chemistry, nutrition, and biotechnology*, p. 1–18.

Waterman, E., Lockwood, B., 2007. "Active components and clinical applications of olive oil". *Alternative Medicine Review*, v. 12, p. 331–342.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALECRIM (*ROSMARINUS OFFICINALIS L.*) CONTRA *SALMONELLA* ENTERETIDIS, *LISTERIA MONOCYTOGENES E ESCHERICHIA COLI*

**Vanessa Dall Agnol**
**Cristine Vogel**
**Ivan de Marco**
**Liziane Schittler**
Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química
vanessa.dallagnol2016@gmail.com; cristine_vogel@hotmail.com; ivandemarco22@gmail.com; liziane.schittler@udesc.br

**Resumo.** *Óleos essenciais de plantas possuem diversas aplicações na indústria de alimentos. Os principais benefícios dos óleos essenciais incluem propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Extratos e óleos essenciais mostram-se eficientes no controle da multiplicação de várias bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, sendo promissora a utilização como potenciais conservantes antimicrobianos. O óleo essencial de alecrim (Rosmarinus officinalis L.), planta da família Lamiaceae, possui atividade contra muitos patógenos, demonstrando seu potencial como antimicrobiano natural. O presente estudo teve como objetivo avaliar a atividade antimicrobiana do óleo essencial de alecrim através do método de difusão em disco contra S. Enteretidis, L. monocytogenes e E. coli. Para os mesmos micro-organismos, foi determinado a concentração mínima inibitória e a concentração bactericida mínima do óleo essencial de alecrim. Os resultados demonstraram que o óleo essencial de alecrim apresentou atividade antimicrobiana contra todos os micro-organismos testados. O maior halo de inibição demostrado para a concentração minima inibitória foi para E.coli, seguida de L. monocytogenes e S. enteretidis, apresentando médias de 19,25, 15,36 e 13,06 mm, respectivamente. Para MBC, os resultados obtidos para o óleo essencial de alecrim mostrou atividade bacteriostática para todos os micro-organismos testados.O óleo essencial de alecrim pode ser uma opção para a substituição de aditivos comumente utilizado na indústria de alimentos com atividade antimicrobiana.*

***Palavras-chave:*** *inibição, atividade bacteriostática, micro-organismos patogênicos*

## 1. INTRODUCÃO

Óleos essenciais e metabólitos secundários de plantas possuem diversas aplicações na indústria de alimentos, bem como na medicina. As principais propriedades dos óleos essenciais estão relacionadas aos benefícios que estes componentes possuem, tais como, propriedades antioxidantes e antimicrobianos (Dashipour *et al*., 2015; Sun *et al*., 2015).

A utilização de óleos essenciais têm sido empregado em indústrias de alimentos como condimento, entretanto, devido ao seu potencial antimicrobiano, atualmente o seu uso é voltado no controle de bactérias associadas a doenças transmitidas por alimentos (DTA) (Zhang *et al*., 2016). Um exemplo a ser citado é o óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*), planta da família Lamiaceae, que possui atividade contra muitos patógenos resistentes a antibióticos sintéticos, demonstrando seu potencial como antimicrobiano natural (Burt, 2004). Óleos essenciais, como o de alecrim contém diversos compostos voláteis de baixo peso molecular de caráter hidrofóbico, obtidos por destilação ou extração por solventes a partir de matéria vegetal (Mith *et al*., 2014).

No Brasil, no ano de 2016 foram identificados 543 surtos de DTA. Já em 2017, os dados obtidos até maio do mesmo ano foram de 133 surtos deixando 2014 doentes. Os principais sintomas são: diarréia (30%), dor abdominal (19%), vômito (17%) e náuseas (16%). Os principais a agentes etiológicos envolvidos estão a *Escherichia coli, Salmonella spp. e Staphylococcus aureus* (Food Safety Brasil, 2017).

*L. monocytogenes* é uma bactéria psicrotrófica Gram-positiva que tem a capacidade de formar biofilmes que podem persistir por longos períodos na superfície de equipamentos na indústria de alimentos. A listeriose, é uma doença que se desenvolve em indivíduos pertencentes ao grupo de risco, como idosos, gestantes e imunodeficientes, sendo letal em 30% dos casos. Já a *E. coli* e a *S.* Enteretidis são bactérias Gram-negativas, presentes na microbiota intestinal de animais de sangue quente, e estão associadas as infecções no trato urinário, meningites neonatais e gastrenterites. A

*Salmonella* sorotipo Enteretidis, é o principal agente causador de surtos e casos de toxinfecções alimentares, em vários países (Carvalho *et al*., 2015).

Nesse contexto, é crescente o interesse pelas indústrias de alimentos por produtos naturais, com potencial antimicrobiano que inibam a multiplicação de micro-organismos causadores de infecções e intoxicações alimentares. (Alexopoulos *et al*., 2011).

Tendo em vista o exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a atividade antimicrobiana e a concentração mínima inibitória do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinali* L.) contra *S.* Enteretidis, *L. monocytogenes* e *E. coli*.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Microbiologia (Microlab) do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Foram utilizadas as cepas de *Salmonella* Enteretidis ATCC 13076, *Escherichia coli* ATCC 25922 e *Listeria monocytogenes Scott A*, todas pertencentes a coleção do laboratório. O óleo essencial de alecrim (Oshadhi) foi, adquirido no comércio de Chapecó/Santa Catarina.

### 2.1 Preparo da Cultura

As cepas de *S.* Enteretidis, *E. coli* e *L. monocytogenes*, foram recuperadas em caldo Brain Heart Infusion (BHI), e incubadas a 36 $^0$C *overnight*. As concentrações das culturas foram ajustadas com auxílio da escala 0,5 McFarland à (aproximadamente $10^8$ UFC/mL) e diluída em água peptonada até $10^5$ UFC/mL.

### 2.2 Atividade Antimicrobiana

A atividade antibacteriana do óleo essencial de alecrim foi avaliada pelo método de difusão em disco, conforme descrito por Kirby & Bauer (Nardeli *et al.* 2014), com modificações. As culturas bacterianas foram inoculadas na concentração de $10^5$ UFC/mL em ágar Müeller-Hinton com auxílio de *swab*.

Após em cada placa foram adicionados três discos de papel filtro com 6 mm de diâmetro. Em cada disco foi adicionado 5 µL do óleo essencial de alecrim. As placas foram incubadas a 36±1$^0$C por 24 horas. Para controle negativo foi adicionada água estéril sobre o disco de papel. Os halos de inibição formados pela ação do óleo essencial foram medidos com auxílio de paquímetro (Digimess, São Paulo, SP), e o resultado expresso em milímetro (mm).

### 2.3 Determinação da Concentração Mínima Inibitória (MIC) e Concentração Mínima Bactericida (MBC)

Para avaliar a concentração mínima inibitória do óleo essencial de alecrim contra *S.* Enteretidis, *E. coli* e *L. monocytogenes* foi utilizado a técnica descrita por NCCLS (1997). Utilizou-se microplaca tipo ELISA fundo chato, com 96 poços, dispostos em 12 colunas (1 a 12) e 8 linhas (A a H). A coluna 1 foi destinada ao controle positivo (sem adição do micro-organismo) e a coluna 12 ao controle negativo. No primeiro poço foi adicionado 200µL do óleo de alecrim 100% puro, nos demais poços foram adicionados 100 µL de BHI. Transferiu-se 100 µL do primeiro poço para o segundo, e assim sucessivamente até o penúltimo poço. Em seguida, adicionou-se 100 µL do micro-organismo (*Salmonella* Enteretidis, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes)* na contagem $10^5$ UFC.mL$^{-1}$ em cada poço, exceto no primeiro. Incubou-se a 37 $^0$C por 24 horas. Após foram adicionados 10 µL de resazurina 3% em todos os poços e incubado a 37$^0$C, por 2 horas. A MIC corresponderá à última diluição do óleo, na qual não foi verificada a presença de precipitado microbiano ou turvação no meio de cultura após o período de incubação. Esses ensaios foram realizados em duplicada para cada micro-organismo como mostra a Figura 1.

Foi avaliado também a capacidade bactericida ou bacteriostática do óleo essencial de alecrim contra *S. Enteretidis*, *E. coli* e *L. monocytogenes*. O efeito bactericida ou bacteriostático foi determinado através do repique de 0,1 µL do primeiro poço da placa de microdiluição que não apresentou turvação para ágar Mueller-Hinton. Incubou-se a 37 ºC, por 24 h. O desenvolvimento de micro-organismos na placa de MH foi considerado a atividade bacterioestática do óleo essencial de alecrim.

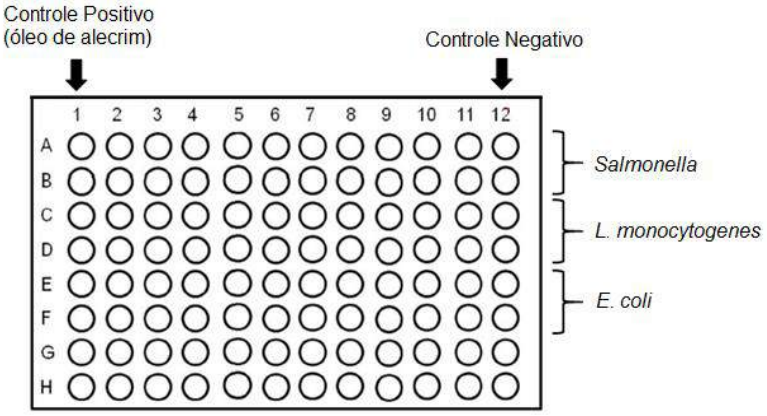



Figura 1. Exemplificação da microplaca utilizada no experimento

### 2.4 Análise Estatística

O tamanho dos halos de inibição formados pelos micro-organismos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95% ($p<0,05$), utilizando o Software Statistica versão 10.0.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da média do tamanho dos halos de inibição produzidos pela ação do óleo essencial de alecrim contra *S.* Enteretidis, *L. monocytogenes e* E. *coli* estão apresentados na Tabela 1. Podemos perceber que o óleo essencial apresenta atividade antimicrobiana contra todos os micro-organismos testados. A atividade antimicrobiana do óleo essencial de alecrim pode estar relacionado a composição química que apresenta hidrocarbonetos manoterpênicos, ésteres terpênicos, linalol, verbinol, terpineol, 3-octanona e acetato de isobornila, os terpenóides são representados pelo carnosol, ácidos carnosílicos, olêanico, ursólico, dentre outros compostos (Alonso Júnior, 1998).

Segundo Ribeiro *et al.*, (2012), utilizou cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM), e identificou 23 compostos no óleo essencial de alecrim, sendo os componentes majoritários: α-pineno (19,8%), β-mirceno (24,2%), 1,8 cineol (22,2%) e verbenona (9,3%). Os halos de inibição variaram de 13,06 ± 1,46 a 19,25 ± 0,82 mm, para os micro-organismos testados. O óleo essencial de alecrim apresentou maior halo de inibição contra *E. coli*, seguida de *L. monocytogenes e S.* Enteretidis. A média do halo de inibição formado pela ação do óleo essencial de alecrim contra *E. coli*, foi de 19,25 mm, mostrando ser a bactéria mais sensível para este método. Resultado inferior foi relatado por Prabuseenivasan *et al*., (2006) que avaliou o óleo essencial de alecrim e obtive halos de inibição de 17,5 mm contra o mesmo micro-organismo.

Tabela 1. Média dos halos inibição, Concentração Inibitória Mínima (MIC) e Concentração Bactericida Mínima (MBC) obtido pela ação do óleo essencial de alecrim contra *S.* Enteretidis, *E. coli e L. monocytogenes.*

| Micro-organismos | Tamanho do halo (mm) | MIC (µL/mL) | MBC |
|---|---|---|---|
| *S.* Enteretidis | 13,06 ± 1,46[b] | 12,5 | Bacteriostático |
| *E. coli* | 19,25 ± 0,82[a] | 0,78 | Bacteriostático |
| *L. monocytogenes* | 15,36 ± 1,46[b] | 1,56 | Bacteriostático |

Média ± desvio padrão; Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ($p<0,05$).

Houve diferença significativa ($p<0,05$) no tamanho dos diâmetros do halo de inibição produzido pela ação do óleo essencial de alecrim contra *E. coli* em relação a *S.* Enteretidis e *L. monocytogenes*. Guimarães *et al*., (2017) relata que o óleo essencial de alecrim apresenta atividade antimicrobiana contra *E. coli*. De acordo com Mosbah *et al*. (2018), a zona de inibição é considerada da seguinte forma: (1-6 mm): baixa atividade, moderada atividade (7-10 mm), alta atividade (11-15 mm) e muito alta atividade (12-20 mm). Pelos resultados obtidos, pode-se observar da Tabela 1, que o óleo essencial de alecrim apresenta alta atividade inibitória contra *S.* Enteretidis e *L.* monocytogenes. Já o óleo essencial de alecrim apresentou muito alta atividade contra *E. coli*.

Na tabela 1, também estão expressos os resultados de MIC, ao qual podemos perceber que a menor concentração necessária de óleo essencial de alecrim para inibir foi de 0,78 µL/mL para *E. coli*. Já para *L. monocytogenes* e *S.* Enteretidis, foram necessários 1,56 µL/mL e 12,5 µL/mL de óleo para inibição, respectivamente. A baixa atividade antimicrobiana do óleo essencial de alecrim contra *Salmonella* também foi relatada por Hentz, Santin (2007).

Silva (2015), relatou que o óleo essencial de alecrim não apresentou ação inibitória contra nenhum dos isolados de *Escherichia coli*, bem como para *Salmonella* spp. Tais resultados podem ser explicados pela diferença na sensibilidade bacteriana aos óleos em decorrência da existência de alterações existentes na estrutura da parede bacteriana, pela presença de lipopolissacarídeo nas bactérias Gram- negativas e ausência nas Gram- positivas, que pode permitir ou não a entrada de substâncias no interior da bactéria.

O resultado da MIC de óleo essencial de alecrim, relatado por Stojanović-Radić *et al*., (2010) foi de 3,125 µL/mL para *E. coli*, valor superior ao encontrado no estudo que apresentou valor de 0,78 µL/mL, demonstrando melhor inibição. Os resultados demonstram que o óleo essencial de alecrim apresenta atividade antimicrobiana, no entanto baixas inibições estão relacionadas as características de cada micro-organismo, que podem ser atribuídos principalmente ao envelope celular externo, característica essa que torna geralmente mais resistente a todos os agentes externos (El-Meleigy *et al*., 2010).

Tem sido relatado que *Salmonella* spp, bactéria Gram-negativas, têm sido vista como mais resistente a óleos essencias. A menor eficácia antimicrobiana pode ser explicada pelo fato dessa bactéria possuir maior resistência atribuída principalmente à estrutura da sua parede celular (Dagdelen *et al*., 2014; Govaris *et al*., 2011). Probst (2012) verificou possíveis diferenças no perfil de sensibilidade de óleos essenciais sobre linhagens de *Salmonella* spp. (*S.* Enteretidis e *S. typhimurium*), constatando não haver diferenças significativas, para o *R. officinalis.*

Smith-Palmer, Stewart e Fyfe (1998) realizaram o estudo da atividade bacteriostática dos óleos essenciais de *C. zeylanicum* (canela) e *E. caryophyllata* (cravo-da-índia) contra *Campylobacter jejuni*, *S.* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *L. monocytogenes* e relataram que bactérias Gram- positivas são mais sensíveis à inibição por esses óleos que as bactérias Gram- negativas. Pires e Piccoli (2012) verificaram pelo método de difusão em ágar que o óleo essencial de alecrim apresentou atividade antimicrobiana contra *E. coli* com halo variando de 10 a 60 mm, resultados dentro da faixa do encontrado no presente estudo.

Jordán *et al*., (2013) verificaram que a atividade antimicrobiana óleo de *R. officinalis L.* depende da composição dos componentes (eucaliptol, cânfora, a-pineno), notando que os quimiotipos mostraram forte atividade contra os patógenos alimentares. Os mesmos autores também avaliaram a composição química dos óleos essenciais de *R. officinalis L.* em dois estágios fenológicos e sua atividade antimicrobiana foi testada pelo método de difusão em disco contra o patógeno *E. coli*, não apresentando atividade, com zona de inibição <12 mm.

Tal resultado pode ser decorrente da *E. coli* apresentar resistente ao alecrim, em decorrência da influência da composição química do óleo, que pode variar com a época de colheita, localização geográfica, método de extração e metodologia empregada para avaliação, sendo este último um fator limitante na comparação com outros resultados (Zaouali *et al*., 2010). Resultados contrários aos do presente estudo, onde foi verificada atividade contra *E. coli.* Verificou-se ainda que o óleo essencial de alecrim na análise de MBC, apresentou atividade bacteriostática para todos os micro-organismos testados, demonstrando inibição da sua multiplicação.

## 4. CONCLUSÃO

O óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) apresenta atividade antimicrobiana contra *S.* Enteretidis, *E. coli*, *L. monocytogenes*, porém a ação para todos é bacterioestática. *E. coli* foi a bactéria mais sensível a atividade antimicrobiana do óleo essencial de alecrim.

O óleo essencial de alecrim pode ser uma opção para a substituição de aditivos químicos com atividade antimicrobiana em alimentos. Porém estudos devem ser realizados para verificar possíveis mudanças nas propriedades nutricionais e sensoriais com à incorporação desse óleo nos alimentos.

## 5. AGRADECIMENTOS

CAPES, Bolsa de pesquisa de mestrado PROMOP/UDESC.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexopoulos, A., Kimbaris, A.C., Plessas, S., Mantzourani, I., Theodoridou, I., Stayropoulou, E., Polissiou, M.G., Bezirtzoglou, E., 2011. “Antibacterial activities of essential oils from eight Greek aromatic plants against clinical isolates of *Staphylococcus aureus”*. *Anaerobe*, v.17, n.6, p.399-402.

Alonso Junior, R.,1998. *Tratado de fitomedicina: bases clínicas y farmacológicas*. Buenos Aires: Isis Ediciones. SRL, p.1039.

Bauer, A. W., Kirby, W. M. M., Sherris, J. C., Turck, M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. American journal of clinical pathology, v. 45, n. 4_ts, p. 493-496, 1966.

Burt, S., 2004. “Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review”. *International Journal of Food Microbiology*, v.94, p.223–253.

Carvalho, R.J., 2015." Efeitos inibitórios comparativos do óleo essencial de Thymus vulgaris L. contra Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes e co-cultura mesofílica inicial em modelos de imitação de queijo". *Microbiologia de Alimentos*, v.52, p.59-65.

Dagdelen, S.,2014." Composição volátil, atividades antioxidante e antimicrobiana de plantas herbáceas utilizadas na fabricação de queijo van herby (OTLU)". *Revista de Processamento e Conservação de Alimentos*, v.38, p.1716-1725.

Dashipour, A., Razavilar, V., Hosseini, H., Shojaee-Aliabadi, S., German, J.B., Ghanati, K., Khakpour, M., Khaksar, R., 2015. Antioxidant and antimicrobial carboxymethyl cellulose films containing Zataria multiflora essential oil. Int. J. Biol. Macromol. 72, 606–613.

El-Meleigy, M., 2010. "Cytotoxicity of four essential oils on some human and bacterial cells". *Journal of applied sciences in environmental sanitation*, v. 5, n. 2.

FOOD SAFETY BRASIL, 2017. "Conteúdo para segurança em alimentos". 30 Jul. 2018 Disponível em < https://foodsafetybrazil.org/surtos-alimentares-no-brasil-dados-atualizados-em-maio-de-2017/> .

Gousia, P., Economou, V., Sakkas, H., Leveidiotou, S., Papadopoulou, C.,2011. "Antimicrobial resistance of major foodborne pathogens from major meat products". *Foodborne Pathogens and Disease*, v.8, n.1, p.27-38.

Govaris, A, 2011. "Atividade antibacteriana de óleos essenciais de orégano e tomilho contra Listeria monocytogenes e Escherichia coli O157: H7 em queijo Feta embalado sob atmosfera modificada. LWT". *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.44, p.1240-1244.

Guimarães C.C., Ferreira T.C., Oliveira R.C.F., Simioni P.U., Ugrinovich L. A, 2017. "Atividade antimicrobiana in vitro do extrato aquoso e do óleo essencial do alecrim (Rosmarinus ofcinalis L.) e do cravo-da-índia (Caryophyllus aromaticus L.) frente a cepas de Staphylococcus aureus e Escherichia coli.*". R. Bras. Bioci*., Porto Alegre, v. 15, n.2, p. 83-89, abril. /jun.

Hentz, S. M., Santin, N. C., 2007. "Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial de alecrim (Rosmarinus offcinalis l.**)** contra Salmonella sp." *Evidência, Joaçaba*, v. 7, n. 2, p. 93-100, jul./dez.

Jordán, M. J. et al. Effect of the phenological stage on the chemical composition, and antimicrobial and antioxidant properties of Rosmarinus officinalis L essential oil and its polyphenolic extract. Industrial Crops and Products, v.48, p. 144– 152, 2013.

Mith H, Duré R, C Delcenserie, Zhiri A, Daube G, Clinquart A., 2014. "Atividades antimicrobianas de óleos essenciais comerciais e os seus componentes contra patógenos de comida e bactérias de deterioração de comida". *Food Sci Nutr*. v. 2, p.403-416.

Mosbah, H., Louati, H., Boujbiha, M. A., Chahdoura, H., Snoussi, M., Flamini, G., Selmi, B. Phytochemical characterization, antioxidant, antimicrobial and pharmacological activities of Feijoa sellowiana leaves growing in Tunisia. Industrial Crops and Products, v. 112, p. 521-531, 2018.

NATIONAL COMMITTEE FOR CLINICAL LABORATORY STANDARDS – NCCLS. Metodologia dos testes de sensibilidade a agentes antimicrobianos por diluição para bactéria de crescimento aeróbico: Norma Aprovada. 6. ed. *Norma M7-A6 do NCCLS*, v.22, n.2, p.14-19, 2003.

Pires, T. C., Piccoli, R. H. Efeito inibitório de óleos essenciais do gênero Citrus sobre o crescimento de microrganismos. Revista Instituto Adolfo Lutz, v.71, n.2, p.378-385, 2012.

Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M., Ignacimuthu, S. S.,2006. "In vitro antibacterial activity of some plant essential oils*". BMC Complement. Altern. Med*., v. 6(1), p. 39- 30.

PROBST, I. S. Atividade antibacteriana de óleos essenciais e avaliação de potencial sinérgico. 2012. 112 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu, 2012.

Ribeiro D.S., Melo D.B., Guimarães A.G., Velozo E.S.,2012. "Avaliação do óleo essencial de alecrim (Rosmarinus officinalis L.) como modulador da resistência bacteriana". *Semina: Ciências Agrária***s**, Londrina, v. 33, n.2, p.687- 696.

Smith-palmer, A., Stewart, J., Fyfe, L., 1998. "Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important foodborne pathogens". *Letters in Applied Microbiology*., v. 26, n. 2, p. 118.

Sun, J., Wang, X., Wang, P., Li, L., Qu, W., Liang, J., 2015. "Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic properties of essential oil from Dictamnus angustifolius". *J. Ethnopharmacol*, v. 159, p. 296–300.

Zaouali, Y., Bouzaine, T., Boussaid, M. Essential oils composition in two Rosmarinus officinalis L. varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities. Food and Chemical Toxicology, v. 48, p. 3144–3152, 2010.

Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Jiang, P., Quek, S., 2016. "Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against Escherichia coli and Staphylococcus aureus". *Food Control*, v.59, p. 282–289.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SÍNTESE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE GALATO DE GERANILA OBTIDO VIA ESTERIFICAÇÃO ENZIMÁTICA

**Bruna Maria Saorin Puton**
**Willian Eduardo Trentin**
**Maria Eduarda Wlodarkievicz**
**Julia Lisboa Bernardi**
**Ilizandra Aparecida Fernandes**
**Rogério Luis Cansian**
**Natalia Paroul**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
brunnaputon@hotmail.com
williaan.trentin@gmail.com
mw_eduarda@hotmail.com
julialisboabernardi@yahoo.com
ilizandrafernandes@yahoo.com.br
cansian@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo do presente trabalho foi sintetizar o éster galato de geranila via reação de esterificação enzimática em solvente orgânico, e avaliar atividade antioxidante dos substratos e do produto obtido, visando obter um antioxidante lipofílico. A reação de esterificação foi realizada usando razão molar 1:6 (ácido:álcool), temperatura 70 ºC, concentração de lipase de 10% e álcool terc-butílico como solvente. O tempo da reação foi fixado em 24 h. O isolamento e purificação do galato de geranila foi realizado por cromatografia em coluna (CC) e confirmação de formação do produto por cromatografia em camada delgada (CCD). A atividade antioxidante (AA) foi determinada pelo método DPPH, com leitura de absorbância a 515 nm. Depois da revelação das placas com a solução de cloreto férrico foram observadas as bandas de coloração azul características para ácido gálico com Rf =0,95 e galato de geranila com Rf =0,88. Na determinação da atividade antioxidante, o ácido gálico apresentou* $IC_{50}$ *de 0,0029 mg/mL, o produto da reação (purificado) apresentou o* $IC_{50}$ *de 0,067 mg/mL demonstrando dessa forma seu poder antioxidante. O geraniol não apresentou a capacidade de capturar o radical livre DPPH.*

***Palavras-chave:*** *cromatografia em coluna, cromatografia em camada delgada, DPPH, Novozym 435.*

## 1. INTRODUÇÃO

O ácido gálico é um polifenol encontrado naturalmente em diversas plantas (Locatelli *et al*., 2013), sendo relacionado com diversas atividades biológicas (Kim, 2007; Custodio *et al*., 2017; Thanyacharoen *et al*., 2018; Birošová *et al*., 2005), principalmente como agente antioxidante, devido a presença da estrutura fenólica trihidroxilada que lhe confere uma excelente atividade antioxidante (Inoue *et al*., 1995).

A indústria poderia aproveitar este ácido fitoquímico para prevenir oxidações e rancificação de lipídios em produtos alimentícios e cosméticos (Pasanphan e Chirachanchai, 2008), porém, sua alta polaridade é um fator que dificulta a interação com sistemas biológicos ou lipídicos, dessa forma os derivados do ácido gálico são uma alternativa amplamente utilizada na indústria alimentícia, de cosméticos e farmacêutica (Locatelli *et al*., 2013).

As modificações em moléculas polares, por meio de reações de acetilação ou esterificação, promovidas a fim de melhorar sua lipofilicidade, podem contribuir para o aumento do efeito biológico, alterando a afinidade por alvos celulares, a difusão através das membranas lipídicas e a dispersão em óleos e gorduras (Santos *et al*., 2009).

Essas alterações originam os derivados de ácido gálico, que pode ser produzidos via catálise química como relatado por diversos autores (Abe *et al*., 2000; Jang *et al*., 2009; Tanaka *et al*., 2012; Khatkar *et al*., 2017). Entretanto, a catálise realizada por enzimas se mostra um processo bastante promissor, já que não necessita de temperatura, pressão e pH elevados, gerando uma menor quantidade de resíduos e consumindo menos energia e recursos. Além disso, as enzimas possuem uma grande seletividade ou especificidade em relação a um substrato, à posição e a isômeros (Castro *et al*., 2004).

Nesse sentido, o presente trabalho propõe realizar a esterificação enzimática de ácido gálico e geraniol utilizando a lipase comercial Novozym 435, bem como avaliar a atividade antioxidante dos substratos e do produto obtido.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Esterificação enzimática

Esta etapa foi realizada preparando-se uma mistura reacional formada por geraniol (≥97%, Sigma-Aldrich®) e ácido gálico (≥98%, Sigma-Aldrich®) (Figura 1). Os substratos foram adicionados em Erlemeyers de 50 mL na razão molar 1:6 (ácido:álcool) totalizando a massa reacional de 5 g. Devido a diferença de polaridade dos substratos foi utilizado como solvente o álcool terc-butílico (99%, Merck). A solubilização foi realizada na temperatura de 70 ºC, sob agitação. A solubilidade total foi considerada quando a solução apresentou aspecto límpido (Balen *et al.*, 2015). Para retirar a água formada em excesso na reação adicionou-se 5% de peneira molecular 4Å (Sigma-Aldrich®), previamente ativada (110 ºC/24 h). A lipase comercial imobilizada Novozym 435 foi adicionada após a dissolução total dos substratos e o tempo reacional foi contado a partir da adição desta. Os experimentos foram realizados em agitador orbital (New Brunswich, Excella E25R) com agitação constante de 125 rpm a 70 ºC por 24 h. Após o término do tempo de reação, a lipase foi filtrada com papel filtro. Todas as amostras foram mantidas na geladeira, para posterior análise.

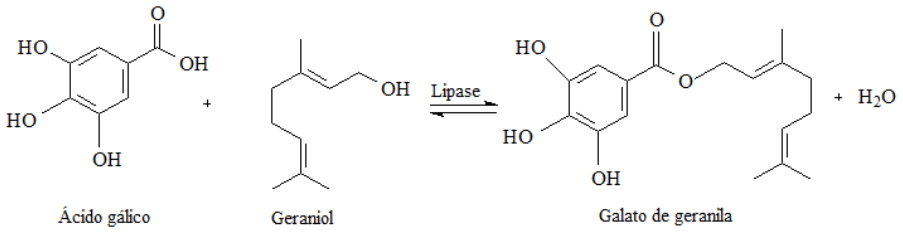



Figura 1- Reação de esterificação de ácido gálico e geraniol.

### 2.2 Cromatografia em coluna (CC)

Após a reação, parte do ácido gálico foi retirado por extração líquido/líquido com clorofórmio (99,8%, Vetec), pela precipitação do ácido gálico devido a diferença de polaridade (Santos, 2007). Em seguida, o clorofórmio foi evaporado e a purificação da amostra foi realizada através da CC. A coluna foi empacotada com sílica gel 60 $F_{254}$ (Fluka Analytical) e n-hexano (95%, Dinâmica) e a fase móvel, composta de acetato de etila e n-hexano (1:9; 2:8 e 1:1 (v/v)) (99,5%, Proton Química; 95%, Dinâmica), acidificada com 2% de ácido acético glacial (99,7%, Dinâmica) (Balen, 2016). As frações coletadas de 10 em 10 mL e foram avaliadas por CCD, para confirmação da separação da amostra.

### 2.3 Cromatografia em camada delgada (CCD)

Para a análise cromatográfica em camada delgada foi utilizada a metodologia baseada em Wagner, Bladt e Zgainski (1984) com algumas modificações. Para a fase estacionária foram empregadas cromatofolhas (Merck, AL TCL 20x20 cm Silicagel 60 $F_{254}$) e a fase móvel foi constituída de uma solução de clorofórmio:metanol:n-propanol:água destilada (25:30:5:20; v/v) (99,8%, Vetec; 99,8%, Dinâmica; 99,5%, Vetec). O ácido gálico (0,01 g/mL de metanol), o geraniol e os produtos da reação foram aplicados sobre a fase estacionária na quantidade de 5 uL. A revelação foi realizada por nebulização com solução de cloreto férrico (Dinâmica) 1% em metanol (99,8%, Dinâmica). O cálculo dos Fatores de Retenção (Rf) foi realizado através da Equação 1.

$$Rf = \left(\frac{da}{ds}\right) \quad (1)$$

Onde:
da = distância percorrida pela amostra;
ds = distância percorrida pelo solvente.

### 2.4 Determinação da atividade antioxidante

A metodologia da atividade antioxidante foi fundamentada na medida da extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) (Sigma-Aldrich®) em 515 nm (Miranda e Fraga, 2006). A determinação da atividade antioxidante das amostras foi realizada em triplicata, por método espectrofotométrico em espectrofotômetro UV-Visível

(Pró-Analise®, UV-1600). A técnica constituiu na incubação, 10 a 30 minutos, de 500 µL de uma solução etanólica de DPPH 0,1 mM com 500 µL de soluções contendo concentrações crescentes de amostra em álcool etílico (99,5%, Merk®). A solução controle foi obtida com 500 µL da solução de DPPH e 500 µL de álcool etílico. Para a solução denominada "branco" foi utilizado somente álcool etílico. Determinou-se também a atividade antioxidante do butilhidroxitoluol (BHT) (Synth) e do ácido ascóbico (Química Moderna), a fim de comparar a atividade antioxidante. A atividade de captura de radicais pelas amostras foi expressa como percentual de inibição de DPPH e calculada a partir da Equação 2.

$$AA\% = \frac{100 - [(Abs.amostra - Abs.branco) \times 100]}{Abs.controle} \quad (2)$$

Após a avaliação da faixa de concentração ideal, calculou-se a concentração de amostra necessária para capturar 50% do radical livre DPPH ($IC_{50}$) por análise de regressão linear (Silvestri *et al.*, 2005).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Avaliação da separação da reação por CC

Após a separação dos componentes da reação por coluna cromatográfica, verificou-se quais as frações apresentavam coloração azul no teste qualitativo com a solução de cloreto férrico 1%. As frações entre 10 e 60 mL (1:9 acetato de etila:n-hexano), apresentaram característica oleosa e odor semelhante ao geraniol, sem a presença de coloração azul no teste qualitativo. As frações a partir de 70 mL apresentaram coloração azul. Com estas, realizou-se a CCD, onde observou-se que a fração de 70 mL (1:9 acetato de etila:n-hexano) apresentou uma banda com o valor de Rf de 0,88, sendo este diferente do valor encontrado para a solução padrão de ácido gálico, que foi de 0,95. As demais frações apresentara o valor de Rf correspondente ao ácido gálico. Assim, utilizou-se a fração de 70 mL (1:9 acetato de etila:n-hexano) para a análise da atividade antioxidante.

### 3.2 Atividade antioxidante

Após a identificação da faixa de concentração com aumento linear em relação à atividade antioxidante, traçou-se a equação da reta e determinou-se o $IC_{50}$ para o ácido gálico, a reação após a retirada do excesso de ácido gálico e a reação após a separação em CC, como mostra a Figura 2.

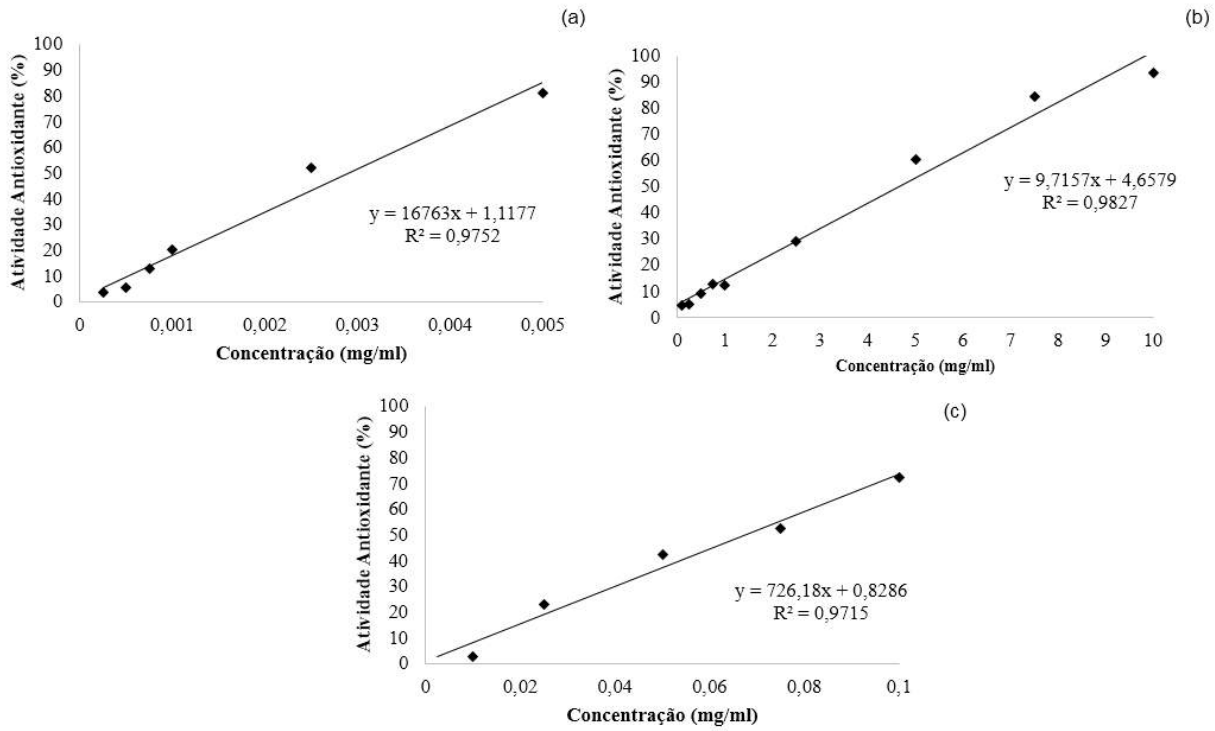



Figura 2 - Curva de calibração da atividade antioxidante do ácido gálico (a), da mistura reacional sem o excesso de ácido gálico (b) e do produto da reação (galato de geranila) depois da purificação por cromatografia em coluna (c).

A correlação entre a atividade antioxidante (%) e a concentração de ácido gálico (Figura 2a) ($y = 16763x - 1,1177$) com $R^2 = 0,9752$, forneceu um $IC_{50}$ de 0,0029 mg/mL. A mistura reacional sem excesso de ácido gálico (Figura 2b) forneceu uma equação da reta $y = 9,7157x + 4,6579$ ($R^2 = 0,9827$), com um valor de $IC_{50}$ de 4,6668 mg/mL. A mistura reacional após ser eluída por CC (Figura 2c) apresentou um valor de $IC_{50}$ de 0,0677 mg/mL, com uma correlação entre a atividade antioxidante (%) e a concentração de extrato de $y = 726,18x + 0,8286$ com $R^2 = 0,9715$. Já o geraniol não apresentou atividade antioxidante.

O valor de $IC_{50}$ é definido como a capacidade do agente antioxidante de sequestrar 50% dos radicais livres DPPH presente na solução, portanto quanto menor o valor de $IC_{50}$ maior a atividade antioxidante da amostra (Arbos *et al*., 2013).

Lu *et al*. (2014) encontrou para o ácido gálico o valor de $IC_{50}$ de 0,0015 mg/mL, já Brighente *et al.* (2007) verificou o valor de $IC_{50}$ para o ácido gálico de 0,0026 mg/mL, corroborando com o valor encontrado neste estudo.

A mistura reacional sem a separação do excesso de geraniol apresentou um valor de $IC_{50}$ alto, indicando que a presença do excesso do mesmo influencia de forma negativa na atividade antioxidante.

A substância isolada por CC apresentou uma atividade antioxidante superior à atividade antioxidante do conservante sintético BHT ($IC_{50}$ = 0,2780 mg/mL), amplamente utilizado na indústria de cosméticos e alimentos. Além disso, o produto obtido (galato de propila) apresenta uma polaridade menor que a do ácido gálico, o que poderia facilitar sua interação em sistemas lipídicos e biológicos, protegendo-os da ação de radicais livres.

## 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos por cromatografia em camada delgada (CCD) verificou-se que a reação de esterificação enzimática do ácido gálico com geraniol foi bem sucedida levando a formação de galato de geranila. A separação por cromatografia em coluna também foi eficaz no fracionamento da reação, eliminando primeiramente o geraniol (apolar) e posteriormente o produto (polaridade intermediária) e o ácido gálico (polar).

O composto isolado apresentou potencial antioxidante bastante promissor necessitando mais estudos quanto a confirmação da sua estrutura química e avaliação de toxicidade além de outros ensaios para verificar sua atividade biológica e demonstrar seu potencial de aplicação nas indústrias de alimentos, farmacêuticas ou de química fina.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ, CAPES, FAPERGS e URI pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

Abe, I., Kashiwagi, Y. e Noguchi, H., 2000. “Inhibition of vertebrate squalene epoxidase by isoprenyl gallates and phenylalkyl gallates”. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, Vol. 10, p. 2525-2528.

Arbos, K.A., Stevani, P.C. e Castanha, R.F., 2013.“Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga”. *Revista Ceres*, Vol. 60, No. 2, p. 161-165.

Balen, M., 2016. “*Síntese enzimática de ascorbil oleato utilizando tecnologias* alternativas”. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 155 p.

Balen, M. et al., 2015. “Novozym® 435-catalyzed production of ascorbyl oleate in organic solvent ultrasound-assisted system”. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Vol. 4, p. 514–520.

Birošová, L., Mikulášová, M. e Vaverková, S., 2005. “Antimutagenic effect of phenolic acids”. *Biomedical Papers of the Medical Faculty of the University Palacky, Olomouc, Czech Republic*, Vol. 149, p.489-91.

Brighente, I.M.C. et al., 2007. “Antioxidant activity and total phenolic content of some brazilian species”. *Pharmaceutical Biology*, Vol. 45, No. 2, p. 156–161.

Castro, H.F. et al., 2004. “Modificação de óleos e gorduras por biotransformação”. *Química Nova*, v. 27, n. 1, p. 146-156.

Custodio, A.A.C. et al., 2017. “Determinação da atividade antioxidante do ácido gálico pelo método ABTS e DPPH para sua utilização como ativo cosmético”. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, Vol. 38, Supl. 1.

Inoue, M. et al., 1995. “Selective induction of cell death in cancer cells by gallic acid”. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, Vol. 18, No. 11, p. 1526-1530.

Jang, A. et al., 2009. “Biological functions of a synthetic compound, octadeca-9,12-dienyl-3,4,5-hydroxybenzoate, from gallic acid–linoleic acid ester”. *Food Chemistry*, Vol. 112, p. 369–373.

Khatkar, A. et al., 2017. “Synthesis, antimicrobial evaluation and QSAR studies of gallic acid derivatives”. *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 10, p. 2870–2880.

Kim, J.Y., 2007. “Antimelanogenic and antioxidant properties of gallic acid”. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, Vol. 30, No. 6, p. 1052-1055.

Locatelli, C., Filippin-Monteiro, F.B. e Creczynski-Pasa, T.B., 2013. “Alkyl esters of gallic acid as anticancer agents: A review”. *European Journal of Medicinal Chemistry*, Vol. 60, p. 233-239.

Lu, Y., Khoo, T.J. e Wiart, C., 2014. "Antioxidant activity determination of citronellal and crude extracts of *Cymbopogon citratus* by 3 different methods". *Pharmacology & Pharmacy*, Vol 5, p. 395-400.

Miranda, A.L.P. e Fraga, C.A.M. 2006. "Atividade Sequestradora de Radical Livre Determinação do Potencial Antioxidante de Substâncias Bioativas". In: Monge A., Ganellin, C. R. (Ed). *Pratical Studies for Medicinal Chemistry*. Genebra: IUPAC.

Pasanphan, W. e Chirachanchai, S., 2008. "Conjugation of gallic acid onto chitosan: An approach for green and water-based antioxidant". *Carbohydrate Polymers*, Vol. 72, No. 1, p. 169-177.

Santos, A.L. et al., 2009. "Crystal structure determination for eugenyl ecetate". *Journal of Chemical Crystallography*, Vol. 39, p. 655-661.

Santos, R. I., 2007. "Metabolismo Básico e Origem dos Metabólitos Secundários". In: SIMÕES, C.M.O. et al. (Org.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS. p. 323-353.

Silvestri, J.D.F. et al., 2010. *"*Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.)". *Revista Ceres*, Vol. 57, No.5, p. 589-594.

Tanaka, H., Chino, A. e Takahashi, T., 2012. "Reagent-controlled stereoselective synthesis of (±)-gallo- and (±)-epigallo-catechin gallates". *Tetrahedron Letters*, Vol. 53, p. 2493–2495.

Thanyacharoen, T. et al., 2018. "Development of a gallic acid-loaded chitosan and polyvinyl alcohol hydrogel composite: Release characteristics and antioxidant activity". *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 107, p. 363–370.

Wagner, H.M., Bladt, S. e Zgainski, E.M. 1984. "*Plant drug analysis"*. New York: Springer-Verlag. 320p.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROPRIEDADES BIOLÓGICAS E ANTIOXIDANTES DOS PRECURSORES DE ÉSTERES FUNCIONAIS

**Willian Eduardo Trentin[1] ***
**Maria Eduarda Wlodarkievicz[1]**
**Bruna Maria Saorin Puton[1]**
**Patrícia Fonseca Duarte[1]**
**Gabriela de Bastos[1]**
**Rogério Cansian[1]**
**Natalia Paroul[1]**

[1] Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621 – Erechim – RS.
* williaan.trentin@gmail.com

***Resumo.*** *O presente trabalho teve como objetivo a avaliação das atividades antimicrobiana e antioxidante dos ácidos: gálico, cinâmico e benzoico, e dos álcoois monoterpênicos: citronelol e geraniol, além do óleo essencial da citronela. A metodologia empregada na determinação da atividade antimicrobiana foi por método de difusão em placas, testando duas bactérias gram-positivas (Staphylococcus aureus e Listeria monocytogenes) e duas gram-negativas (Escherichia coli e Salmonella choleraesuis). Os álcoois monoterpênicos e dois ácidos benzoico e gálico apresentaram níveis de inibição que variaram de fraco a moderado, já o óleo de citronela e o ácido cinâmico não apresentaram atividade antimicrobiana para as concentrações testadas. Para a determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) utilizou-se o método indireto de crescimento bacteriano, mediante densidade ótica em meio de cultura líquido, para os mesmos micro-organismos utilizados na atividade antimicrobiana. Os ácidos cinâmico e gálico apresentaram maior atividade antimicrobiana com CIM 2 $mg.mL^{-1}$ e 5 $mg.mL^{-1}$, respectivamente. Atividade antioxidante foi avaliada pela metodologia baseada na extinção da absorção do radical livre 1,1-difenil-2-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm. O ácido gálico apresentou boa atividade antioxidante com $IC_{50}$ = 0,003 $mg.mL^{-1}$, seguido pelo óleo essencial da citronela com $IC_{50}$ = 1,51 $mg.mL^{-1}$.*

***Palavras-chave:*** *Atividade antimicrobiana, atividade antioxidante, ácidos aromáticos, álcoois monoterpênicos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Solomons (2012) ésteres são, uma família de compostos orgânicos que possuem um grupo carbonila ligado a um grupo alcoxila, que podem ser obtidos através do processo de esterificação, o qual utiliza como reagentes álcool e ácido carboxílico na presença de catalisador químico ou enzimática (Akbay e Altiokka, 2011). Os ésteres são empregados em diversos segmentos industriais, como na indústria farmacêutica, química, de perfumes, de alimentos e agroquímicos.

Ácidos fenólicos (gálico e o caféico), são metabólitos secundários de vegetais, frutas e plantas medicinais. Esse grupo de ácidos possui, em sua estrutura, um anel benzênico com um ou mais grupos hidroxila, ou metoxilo e um grupamento carboxílico, conforme ilustrado na Figura 1, que apresenta a estrutura molecular do ácido gálico (Staudt, 2018).

Os ácidos fenólicos são amplamente estudados em virtude de suas atividades farmacológicas, por dificultarem a proliferação de fungos e a oxidação de lipídeos, além de atribuírem cor, aroma e adstringência à alimentos (Staudt, 2018). Além de conferirem atividade antioxidante aos alimentos, ácidos da família do gálico, têm sido indicados para o tratamento e prevenção do câncer, doenças cardiovasculares, dentre outras (Barbosa, 2010).

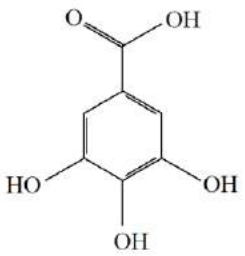
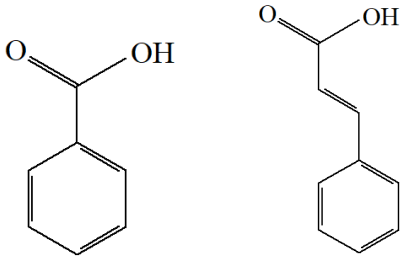



**Figura 1:** Estrutura molecular do ácido gálico.

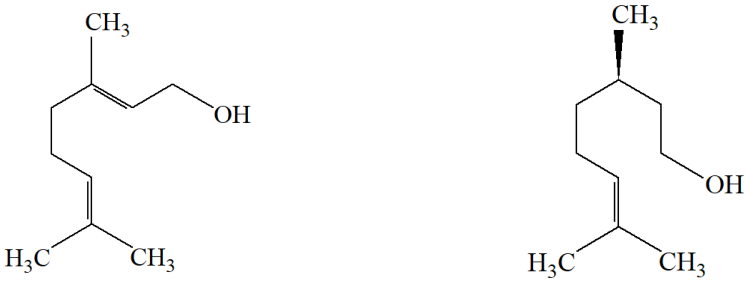
Compostos derivados de ácidos aromáticos (benzoico e cinâmico) também podem apresentar atividades biológicas variadas, como a atividade antioxidante.




Ácido benzoico Ácido cinâmico

**Figura 2:** Estruturas moleculares dos ácidos benzoico e cinâmico.

Outro grupo de compostos empregados em síntese de ésteres são os álcoois. Dentre estes destacam-se os álcoois monoterpênicos de origem natural, como o geraniol e citronelol (Figura 3), os quais são oriundos de óleos essenciais.




Geraniol Citronelol

**Figura 3:** Estruturas moleculares dos álcoois geraniol e citronelol.

A literatura atual apresenta diversos relatos acerca das atividades biológicas dos óleos essenciais, como ação antibacteriana e antifúngica, atividade antitumoral, ação anti-inflamatória e analgésica, atividade antioxidante, dentre outras.

O óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) possui altas concentrações de citronelol e o geraniol que podem ser usados em reações de esterificação. Além disso tais álcoois possuem alta empregabilidade nos diversos ramos da indústria por apresentarem certas propriedades, entre elas as que se destacam são: inseticida (ação repelente de larvas do mosquito *Aedes aegypti*), a antimicrobiana (Silveira et al., 2012 Paroul, 2011).

Considerando o exposto acima, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as atividades antimicrobiana e antioxidante dos precursores de ésteres funcionais, ácidos aromáticos: gálico, cinâmico, benzoico, e dos álcoois monoterpênicos: citronelol e geraniol assim como o óleo essencial da citronela.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 2.1 Atividade Antimicrobiana

Estudos indicam que álcoois monoterpênicos, óleos essenciais e alguns ácidos aromáticos têm efeito bactericida (Kalpoutzakis et al., 2001). O método de difusão em placas é a técnica mais comum para avaliação de propriedades antibacterianos e antifúngicos de compostos biologicamente ativos como óleos essenciais e seus derivados, porque é uma técnica de fácil execução que requer pequenas quantidades de amostra (Katzung, 2003). No que se refere à testes de atividade antimicrobiana, duas metodologias são muito utilizadas: o método de difusão em placas (fazendo uso de discos de papel), e o método de micro diluição em caldo (utilizando microplacas).

Os testes de atividade antimicrobiana foram realizados com o óleo essencial da citronela e com dois álcoois monoterpênicos puros (geraniol e citronelol) usando-se 15 µL e 20 µL de amostra para avaliação dos álcoois e 20 µL para óleo essencial da citronela. Para determinação da atividade antimicrobiana utilizou-se a metodologia de difusão em discos de papel Whatmann nº 3 com 10 mm de diâmetro, em placas de Petri com meio de cultura Ágar Mueller-Hinton (Merck). Para ensaios foram selecionadas duas bactérias gram-positivas (*Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*) e duas gram-negativas (*Escherichia coli* e *Salmonella choleraesuis*).

Segundo Silveira *et al.* (2012), os índices de inibição dependem do diâmetro do halo formado, incluindo o tamanho do disco de papel. Os índices podem variar da seguinte forma:

- Inibição fraca: 10 a 13,9 mm;
- Inibição moderada: 14 a 18 mm;
- Inibição forte: maior de 18 mm.

Como pode ser observado na Tabela 1 o geraniol apresentou inibição moderada contra todas bactérias testadas, já que os diâmetros dos halos variaram de 14 a 17 mm. O citronelol, por sua vez, possui um índice de inibição mais fraco (halos de inibição entre 11 e 13 mm) contra três bactérias (*E. coli*, *S. Aureus* e *S. choleraesuis*) sendo que a *Listeria monocytogenes* apresentou a resistência ao citronelol na concentração testada. O óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) não apresentou atividade contra nenhuma das bactérias testadas.

**Tabela 1.** Atividade antimicrobiana de geraniol, citronelol e óleo essencial de citronela expressa em termos de halos de inibição (mm).

| Bactéria | Geraniol | | Citronelol | | Citronela |
|---|---|---|---|---|---|
| | 15 µL | 20 µL | 15 µL | 20 µL | 20 µL |
| *E. coli* | 14 ± 0,6 | 14 ±1 | 12 ± 1 | 11 ± 0 | * |
| *S. Aureus* | 15 ± 0,6 | 14 ± 0,3 | 13 ± 0 | 13 ± 1 | * |
| *L. monocytogenes* | 16 ± 1 | 15 ± 0,6 | * | * | * |
| *S. choleraesuis* | 15 ± 0,6 | 17,5 ±1,7 | 12 ± 1 | 12 ± 1 | * |

* não apresentou atividade antimicrobiana
Os valores incluem o diâmetro do disco 10 mm.
Fonte: os autores.

Silveira et al. (2012), em estudos com óleos essenciais de citronela, eucalipto e lavanda, obtiveram, para atividade antimicrobiana do óleo de citronela, os seguintes resultados: 33,7 ± 1,5 mm para em *S. aureus*, 28,0 ± 1,6 mm em *L. monocytogenes*, já para *E. coli* o óleo de citronela não apresentou ação antimicrobiana.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da atividade antimicrobiana realizada com os ácidos benzoico, gálico e cinâmico, os quais foram diluídos em etanol (1 mg/mL). Antes de depositar os discos na placa, os mesmos foram deixados em dessecador para evaporação total do solvente. Inicialmente fez-se o teste com 20 µL, se houvesse atividade a análise seria repetida com 10 µL e 15 µ.

**Tabela 2.** Atividade antimicrobiana dos ácidos: benzoico, cinâmico e gálico expressa em relação aos halos de inibição (mm).

| Bactéria | Ácido Benzoico | | | Ácido Gálico | | | Ácido Cinâmico |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10µL | 15µL | 20µL | 10µL | 15µL | 20µL | 20µL |
| *E. coli* | * | * | * | 10 ± 0 | 14 ± 2,6 | 12 ± 1,3 | * |
| *S. Aureus* | 15 ± 0,8 | 15 ± 0,6 | 13 ± 0 | 13 ± 0,3 | 13 ± 1,5 | 10 ± 1,7 | * |
| *L. monocytogenes* | * | * | * | 12 ± 1,4 | 12 ± 0,3 | 10 ± 1,7 | * |
| *S. choleraesuis* | 15 ± 0,8 | 15 ± 1,5 | 15 ±0,8 | 10 ± 0,9 | 13 ± 1,7 | 14 ± 0,8 | * |

* não apresentou atividade antimicrobiana. Os valores incluem o diâmetro do disco 10 mm.''

Fonte: os autores.

Como pode ser observado (Tabela 2) o ácido cinâmico não apresentou atividade antimicrobiana contra as bactérias testadas. O ácido benzoico apresentou atividade de inibição moderada contra duas bactérias *S. Aureus* e *S. choleraesuis.* Já as bactérias *E. coli* e *L. monocytogenes* apresentaram a resistência ao ácido benzoico nas concentrações testadas. O ácido gálico demonstrou atividade antimicrobiana contra todas bactérias, embora predominantemente fraca.

### 2.2 Concentração Inibitória Mínima (CIM)

No desenvolvimento do teste de Concentração Inibitória Mínima (CIM), utilizou-se o método indireto de crescimento bacteriano, mediante densidade ótica em meio de cultura líquido. As bactérias selecionadas foram cultivadas em meio de cultura caldo LB, sob temperatura de 37ºC durante um período de 24 horas. Após o crescimento das culturas, as mesmas foram submetidas ao teste em microplacas, contendo 10 µL de pré-inóculo, 1 mL de caldo LB, acrescido de 1% do emulsificante dimetilsufóxido (DMSO), contendo diferentes concentrações dos ácidos, álcoois e óleo essencial analisados. Todas as concentrações de cada amostra foram analisadas em triplicata. Após o processo de inoculação, as microplacas foram incubadas em agitador eletromagnético (60 Hz), durante 24 horas à temperatura de 35ºC.

Antes e após o período de incubação, correspondentes à 0 e 24 horas, respectivamente, fez-se a leitura das microplacas utilizando o leitor magnético de microplacas (Bio-Tek Instruments Inc., modelo EL800), acoplado em computador com programa KCjunior, com comprimento de onda pré-selecionado de 490 nm. A inibição do crescimento será determinada pela diferença entre as leituras realizadas em 24 e 0 horas. Os valores médios de densidade ótica serão analisados estatisticamente por Análise de Variância (ANOVA), seguida do teste de Turkey ($p<0,05$), para determinar a CIM, usando o programa ASSISTAT®.

Na Tabela 3, encontram-se os resultados obtidos na análise da Concentração Inibitória Mínima (CIM), onde utilizou-se duas bactéricas gram-positivas (*Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*) e duas gram-negativas (*Escherichia coli* e *Salmonella choleraesuis*).

Pode-se perceber, ao analisar a Tabela 3, que o óleo de citronela apresentou uma CIM contínua para os quatro micro-organismos analisados, sendo um valor maior que 80 mg/mL. As amostras que apresentaram maior atividade antimicrobiana contra bactérias testadas foram o ácido cinâmico, onde a concentração capaz de inibir as bactérias foi menor que 2 mg/mL, e o ácido gálico, 5 mg/mL para as quatro bactérias. O geraniol apresentou boa atividade antimicrobiana (CIM de 6,35 mg/mL) somente contra a *Listeria monocytogenes.*

Durante estudo realizado em 2009, Scherer et al., na verificação da concentração inibitória mínima (CIM) utilizando óleo de citronela, o valor obtido pelos autores foi de 0,6-0,8 $mg.mL^{1}$ para a *S. aureus* e 0,4-0,6 $mg.mL^{1}$ para a *E. coli*.

**Tabela 3.** Concentração Inibitória Mínima (CIM)

| **Composto** | **Bactérias Gram negativas** | | **Bactérias Gram positivas** | |
|---|---|---|---|---|
| | *E. coli* ATCC 5922 | *S. choleraesuis* ATCC 10708 | *L. monocytogenes* ATCC 7644 | *S. aureus* ATCC 25923 |
| Óleo de citronela | >80 | >80 | >80 | >80 |
| Geraniol | 25,00 | 50,00 | 6,25 | 50,00 |
| Citronelol | 100 | 200 | 50 | 200 |
| Ácido Cinâmico | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Ácido Gálico | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Ácido Benzóico | 1,00 | 0,50 | 0,25 | 0,625 |

*ATCC: American Type Culture Collection (USA)
Fonte: os autores.

### 2.3 Atividade Antioxidante

Substâncias fenólicas encontradas em vegetais podem atuar como antioxidantes de diferentes maneiras, como: fazendo a interrupção de reações dos radicais libres pela doação de próton ($H^+$); fazendo a quebra de íons metálicos; e sequestrando espécies que reagem facilmente com oxigênio. Quando tais substâncias reagem com radicais livres, converte-os em produtos mais estáveis.

A atividade antioxidante foi determinada através da metodologia baseada na extinção da absorção do radical 1,1-difenil-2-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm. O teste foi realizado em triplicada, por método espectrofotométrico. Tal técnica consiste na incubação, durante 10 minutos, de 500 µL de soluções contendo concentrações crescentes dos compostos a serem analisados. O mesmo procedimento foi repetido no preparo da solução denominada “controle”, porém houve a substituição de 500 µL da amostra por 500 µL de solvente etanol. Já na solução denominada “branco”,

utilizou-se apenas o solvente etanol. O percentual de captação do radical DPPH foi calculado em termos de porcentagem de atividade antioxidante (AA%), segundo a Eq. 1:

$$AA\% = 100 - \{[(Abs._{amostra} - Abs._{branco}) \times 100] \div Abs._{controle}\}. \quad (1)$$

As amostras foram analisadas em espectrofotômetro UV-Visível (Agilent Technologies), em comprimento de onda de 515 nm com objetivo de avaliar a absorbância das diferentes concentrações das amostras. Após a avaliação da faixa de concentração ideal, calculou-se a concentração do composto necessária para capturar 50% do radical livre DPPH ($IC_{50}$) por análise de regressão linear.

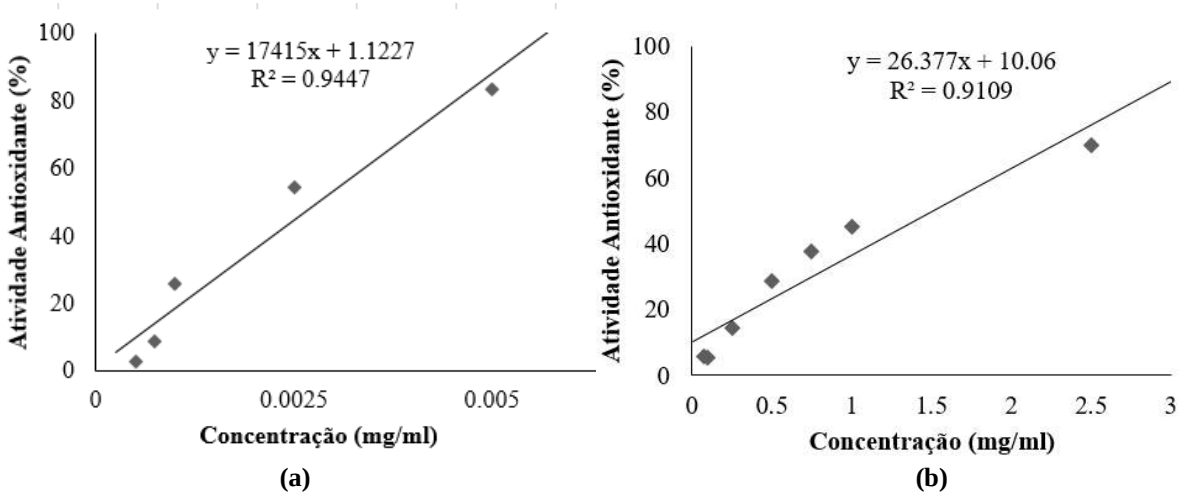



**Figura 4.** Curva de calibração da atividade antioxidante do ácido gálico (a) e do óleo essencial de citronela (b).
Fonte: os autores.

Através da correlação entre a atividade antioxidante (%) e a concentração de amostra utilizada (equação da reta e $R^2$, conforme a Figura 4), obteve-se o $IC_{50}$ com valor de 0,003 $mg.mL^{-1}$ para o ácido gálico, e $IC_{50}$ = 1,51 $mg.mL^{-1}$ para o óleo essencial de citronela. Já as demais amostras testadas (ácidos cinâmico e benzoico, citronelol e geraniol) não apresentaram atividade antioxidante.

Scherer et al. (2009) em estudos com ácido gálico e óleo essencial de citronela, obteve $IC_{50}$ = 0,00283 $mg.mL^{-1}$ para o ácido gálico, e 0,743 $mg.mL^{-1}$ para o óleo de citronela. Pode-se perceber a proximidade entre os valores encontrados para o ácido gálico, comparados aos valores obtidos por Scherer et al. (2009).

## 3. CONCLUSÃO

Baseando-se nos resultados obtidos, percebeu-se que as bactérias *E. coli*, *S. AureusI*, *L. monocytogenes* e *S. choleraesuis* são resistentes ao óleo essencial de citronela e ácido cinâmico. O geraniol e ácido gálico inibiram o crescimento de todas as bactérias sendo que o geraniol apresentou a inibição moderada e ácido cinâmico fraca. A bactéria *L. monocytogenes* apresentou a resistência ao citronelol e ácido benzoico. Sendo que o ácido benzoico também não foi capaz de inibir crescimento antimicrobiano da *E. coli*.

Acerca da concentração inibitória mínima (CIM), os ácidos cinâmico, benzóico e gálico obtiveram melhores resultados contra os micro-organismos testados. Entretanto, o ácido benzóico obteve concentrações menores que os demais, variando de 0,25 a 1,0 $mg.mL^{-1}$ para as quatro bactérias submetidas à análise.

Além da propriedade antibacteriana, o ácido gálico apresentou alta atividade antioxidante, com $IC_{50}$ = 0,0028 $mg.mL^{-1}$. Outra amostra analisada que apresentou atividade contra radicais livres (DPPH) foi o óleo essencial de citronela, o qual obteve $IC_{50}$ = 1,51 $mg.mL^{-1}$. Entretanto, para as demais amostras de geraniol, citronelol, e ácidos cinâmico e benzóico, a atividade antioxidante não foi satisfeita.

## 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI, Capes e CNPq pelo apoio financeiro e, ou, infraestrutura disponibilizada.

## 5. REFERÊNCIAS

Akbay, E. Ö.; Altiokka, M. R. *Kinetics of esterification of acetic acid with n-amyl alcohol in the presence of Amberlyst-36*. Applied Catalysis A: General, v. 396, p. 14–19, 2011.

Barbosa, V. F. *Caracterização do perfil da ação do ácido gálico e seus derivados sobre processos oxidativos in vitro e ex vivo.* Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia aplicada à Farmácia. Universidade Estadual Julio Mesquita Filho, Araraquara, SP, 2010.

Corrêa, M. F. P.; de Melo, G. O; Costa, S. S. *Substâncias de origem vegetal potencialmente úteis na terapia da asma*. Revista Brasileira de Farmacognosia, 18 (Supl.): 785-797, 2008.

Kalpoutzakis, E.; Aligiannis, N.; Mitaku, S.; Charvala, C. *Composition of the essential oil of two nepeta especies and in vitro evaluation of their activity against*. Helicobacter pylori. Planta Med. v. 67. p. 880-883. 2001.

Katzung, B. G. *Farmacologia Básica e Clínica*. 8ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. RJ. 2003.

Oliveira, R. A. G.; Lima, E. O.; Vieira, W. L.; Freire, K. R. L.; Trajano, V. N.; Lima, I. O.; Souza, E. L.; Toledo, M. S.; Silva-Filho, R. N. *Estudo da interferência de óleos essenciais sobre a atividade de alguns antibióticos usados na clínica*. Revista Brasileira de Farmacognosia, 16 (1), p. 77-82, 2006.

Paroul, N. *Síntese enzimática de ésteres aromatizantes a partir de diferentes substratos em sistema livre de solvente orgânico*. Tese. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, 2011.

Scherer, R.; Wagner, R.; Duarte, M.C.T.; Godoy, H.T. *Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa*. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, Botucatu, v.11, n.4, p.442-449, 2009.

Silveira, S. M.; Cunha Júnior, A.; Scheuermann, G. N.; Secchi, F. L.; Verruck, S.; Krohn, M.; Vieira, C. R. W. *Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de Cymbopogon winterianus (citronela), Eucalyptus paniculata (eucalipto) e Lavandula angustifolia (lavanda)*. Revista Instituto Adolfo Lutz. 71(3):471-80, 2012.

Solomons, T. G.; Fryhle, C. B. Química Orgânica, vol 1, 10ª ed, p. 71-72, 2012.

Staudt, A. *Esterificação enzimática de óleo essencial de citronela (cymbopogon winterianus) com ácido cinâmico e avaliação das atividades biológicas*. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, URI, Erechim, RS, 2018.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores Willian Eduardo Trentin, Maria Eduarda Wlodarkievicz, Bruna Maria Saorin Puton, Patrícia Fonseca Duarte, Gabriela de Bastos, Rogério Cansian e Natalia Paroul são os únicos responsáveis pelo material incluso neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia de Produção:
# Engenharia Econômica e Custos

REALIZAÇÃO:

URI
ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA EM EMPRESA DE TRANSPORTES PARA REALIZAÇÃO DE SERVIÇOS PARTICULARES

**Leonardo Miotto**
**Aline Matuella Moreira Ficanha**
**Juliane Rufato**
**Jaqueline Maiorka**
**Ricardo Ficanha**
Centro de Ensino Riograndense (CESURG). Av. Julio Borella, 1968, Centro – Marau- RS
leonardomiotto91@gmail.com
alineficanha@cesurg.com.br
julianerufato@hotmail.com
producao.marau@cesurg.com.br
ricardoficanha@cesurg.com.br
**Mateus Miotto**
Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul). Estrada Perimetral Leste, 150 - Lot. Parque Farroupilha, Passo Fundo - RS
mateusmiotto94@gmail.com

***Resumo.*** *Para a maioria das indústrias, o transporte é a atividade logística de maior valia, visto que ele possui um custo bastante expressivo no sistema. Para manter-se no mercado, as transportadoras precisam ter sistemas de gestão mais eficientes, precisando assim, acesso à informações claras que possam auxiliar na tomada de decisões. Neste trabalho foram analisadas estratégias de gestão e mudanças que podem ser feitas em uma empresa do segmento de transportes para que haja redução de custos, buscando minimizá-los de maneira que não afete o crescimento e que continue no mercado de transporte, com maior competitividade e qualidade no serviço prestado. Essas estratégias são: análise da viabilidade econômica e financeira da empresa, não terceirizar e sim realizar três serviços (manutenção preventiva, abastecimento e lavagem) na própria sede. A frota presta serviços de transporte de carga viva para uma empresa de alimentos sediada no município de Marau no Rio Grande do Sul. A empresa possui uma sede, na qual foram feitas melhorias que possibilitam realizar manutenções, lavagens e abastecimento da frota. A decisão após análise dos indicadores e comparação das despesas e custos terceirizados é a continuidade da realização dos serviços pela própria empresa.*

***Palavras-chave:*** *Redução de custos; Transporte de carga; Tomada de decisão*

## 1 INTRODUCÃO

As empresas necessitam de um controle de custos eficiente para manter sua operação. Afinal, elas dependem de seus lucros. Se ela não souber o custo da sua operação, não saberá se está perdendo ou ganhando, ficando vulnerável à concorrência e exposta a sérios riscos financeiros (Silva Junior, 2011).

No segmento de transporte de carga é importante que não ocorram paradas por quebra, que, segundo Silveira (2016), está entre os tipos de manutenção onde não há planejamento de atividades. Isto significa que o intuito é deixar o equipamento operar até que o mesmo quebre para então consertá-lo. A manutenção de quebra é aplicada quando as falhas não afetam significativamente a operação, produção ou não geram qualquer perda financeira. Esses problemas podem causar grandes prejuízos e transtornos, especialmente quando os veículos transportam carga viva e alimentos perecíveis.

O transporte de cargas vivas, mais especificamente o transporte de pintos, requer diversos cuidados específicos devido à sensibilidade e fragilidade dos animais. Como estes animais são destinados à produção de alimentos, a questão da higiene é de extrema importância em todas as etapas do processo produtivo. Logo, os veículos utilizados para o transporte devem ser diariamente higienizados, visando garantir a saúde e o bem-estar animal durante o transporte.

De acordo com Vitorino (2015), a carência de infraestrutura prejudica seriamente o desempenho dos sistemas de transportes. As péssimas condições das estradas, os altos custos com pedágios, impostos e combustíveis são fatores que impedem a eficiência dos transportes no Brasil. Diante de tal problemática, cabe ao transportador gerenciar seus recursos e adotar medidas que estejam ao seu alcance para buscar o menor custo de operação. Com a estratégia empregada, sana-se a falta de informações que impede a concepção real dos resultados, favoráveis ou desfavoráveis, apontando problemas

que muitas vezes ficam ocultos sem um sistema de gestão. Desta forma, surgem possibilidades de sofisticar o funcionamento da empresa.

No intuito de uma empresa permanecer nesse mercado, conseguindo minimizar seus custos é necessário que seja analisado quais os serviços que ela contrata e/ou produtos que adquire, que seriam viáveis para integrá-la. A partir dessas informações, define-se como problema de pesquisa: Qual a viabilidade econômica e financeira da empresa em estudo não terceirizar e sim manter a realização dos três serviços (manutenção preventiva, abastecimento e lavagem) na própria sede?

A fim de responder tal questionamento, elenca-se como objetivo geral deste estudo levantar os meios adequados para analisar a viabilidade econômica e financeira para a empresa em estudo, considerando três os setores: manutenção preventiva, abastecimento próprio e, posto de lavagem. Como objetivos específicos do trabalho têm-se: identificar os custos atuais com os serviços; levantar os custos para a implantação; apresentar os setores; avaliar os indicadores de viabilidade econômica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Transportes de cargas

Sem transportes, mercadorias fundamentais não chegam ao alcance dos compradores, fábricas param a produção, as atividades comerciais deixam de existir. Para a maioria das indústrias, o transporte é a atividade logística mais importante, e absorve em média, de um a dois terços dos custos logísticos (Ballou, 1995).

Cabe à empresa de transporte de cargas, desempenhar o serviço proposto, seja ele por entregas diretamente do fornecedor ao cliente ou por intermédio de centro de distribuição ou filial, levando-se em conta os custos das rotinas diárias, observando o cenário e as dificuldades das particularidades de cada região ou até mesmo de cada fornecedor/cliente (Schroeder et. al, 2005). Sendo assim, a empresa deve saber realizar o trabalho, controlando os principais indicadores financeiros e as exigências específicas do tipo de carga a ser transportado para atender a demanda do cliente final.

### 2.2 Gestão De custos

A Contabilidade de Custos acabou por passar, nas últimas décadas, de mera auxiliar na avaliação de estoques e lucros globais para importante arma de controle e decisões gerenciais (Martins, 2008). No contexto deste estudo, custos de investimentos representam os valores aplicados aos investimentos realizados pela empresa.

Os investimentos são os gastos efetuados em um bem ou serviço em função de sua vida útil ou para benefícios futuros. Ou seja, o que poderá ser ativado para o uso e que contribuirá para produzir resultado para a empresa em mais um exercício (Lenza, 2011). Os custos de investimentos são necessários para iniciar um empreendimento ou melhorar as instalações para trazer um benefício futuro à empresa.

### 2.3 Viabilidade Econômica

As empresas enfrentam vários desafios, um deles é o planejamento de investimentos nos projetos que buscam auxiliar na luta contra as inseguranças do mercado. A análise de viabilidade econômica e financeira integra a lista de atividades desenvolvidas pela engenharia econômica, que busca identificar quais são os benefícios esperados em dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação (Veras, 2001).

### 2.4 Técnicas de análise de investimento

Para realizar uma análise de viabilidade econômica de um investimento, utiliza-se como base a Engenharia Econômica, a qual utiliza métodos de análise que facilitam a escolha da melhor alternativa para um investimento. Entre os principais métodos pode-se citar o valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), retorno sobre os investimentos ou return on investiments (ROI) e payback (Gitman, 2002). Esses métodos foram adotados para análise de viabilidade do investimento nesta pesquisa.

## 3 METODOLOGIA

Tendo em vista a abordagem da pesquisa, esta classifica-se como quantitativa, visto que transpôs em quantidades numéricas os conhecimentos para assim realizar o estudo dos dados. Com relação aos objetivos, caracteriza-se como pesquisa exploratória (Gil, 2002).

Para cumprir com o objetivo proposto, esta sessão está dividida em quatro partes; primeiramente apresenta-se a caracterização da empresa em estudo. Na sequência, a coleta de dados, quando foram identificados os principais custos e despesas com abastecimento, manutenção e lavagem, bem como a busca desses valores no mercado, para fins

comparativos. Posteriormente, foram levantados os custos para implantação da sede, e por fim os cálculos dos indicadores de viabilidade econômica e financeira.

Para isso foram estudadas técnicas de análise de investimento que foram aplicadas, considerando um comparativo entre os custos das atividades realizadas particularmente e os custos que existiriam se os serviços fossem terceirizados. A análise dos dados foi feita por meio de cálculos e fórmulas de indicadores, em planilha eletrônica, comparando a viabilidade do investimento com a terceirização dos serviços, ou seja, dois cenários.

### 3.1 Empresa em estudo

A empresa em estudo é do segmento de transportes, possui sede na cidade de Marau-RS, administrada pela família e fundada em 1991, atua até hoje no transporte de pintos de um dia. A partir do ano de 2014 passou a trabalhar também no segmento de transporte frigorífico.

A coleta das cargas vivas é realizada no incubatório e as entregas são feitas nos aviários, a maioria localizados no Rio Grande do Sul, na região do Planalto Médio, Vale do Taquari e Serra Gaúcha, além do estado de Santa Catarina em algumas épocas do ano. Nos aviários as aves se desenvolvem para posteriormente serem abatidas. A frota própria é composta por seis caminhões, sendo quatro deles, exclusivos para transporte de pintos e duas carretas frigoríficas que trabalham na distribuição de cargas frigoríficas para vários locais do país. No quadro de funcionários, a empresa dispõe de dois gestores, um técnico em manutenção e sete motoristas.

No início do ano de 2017, foi implantada a sede da empresa, onde foi construído um escritório, oficina para manutenção, rampa para lavagem dos veículos e instalação de um tanque de combustível fornecido em comodato pela distribuidora de combustível para o abastecimento ser realizado na própria empresa. A implantação da sede teve o objetivo de reduzir custos nos setores citados, além de possibilitar uma supervisão mais eficiente da frota e dos funcionários.

As atividades de abastecimento, troca de lubrificantes, lavagens e manutenção elétrica passaram a ser realizadas na sede. Os serviços de manutenção mecânica são terceirizados, assim como a contabilidade da empresa. Os gestores são responsáveis por supervisionar e gerenciar a frota, controlar os custos e despesas, além de atender às exigências procedimentais do cliente.

A presente pesquisa busca auxiliar na gestão de custos e fornecer informações que ajudarão na tomada de decisão dos gestores da Empresa em análise da continuidade (ou não) de realizar na própria empresa os três serviços estudados, identificando os custos atuais com os serviços, levantando os custos para a implantação, apresentação dos setores e avaliação dos indicadores de viabilidade.

No caso do setor de abastecimento, o combustível é entregue e armazenado na sede da empresa em um tanque que possui bomba para abastecimento, cedido pela distribuidora, desta forma, o preço por litro é menor, se comparado ao vendido em postos. Para realizar o comparativo foram levantados os preços do período estudado, realizando uma pesquisa nos postos, entre o combustível vendido no posto e o adquirido pela empresa, entregue na sede.

Para o setor de manutenção, no qual, parte dos serviços serão realizados na própria empresa, os custos foram comparados, com base nos períodos em que os serviços eram terceirizados, tendo em vista que os preços desses serviços não tiveram variação significativa. Os serviços de lavagem que são realizados particularmente, têm os custos comparados através do levantamento dos preços informados pelo estabelecimento de lavagem onde o serviço era terceirizado anteriormente.

### 3.2 Coleta de dados

Os dados foram coletados no período de março de 2017 a fevereiro de 2018, quando levantou-se todos os custos, despesas fixas e variáveis da frota e serviços de suporte. A coleta de dados foi realizada por meio de observações e registros em diário de campo, considerando-se as informações fornecidas pelos gestores que autorizaram o acompanhamento das atividades desempenhadas na empresa, visando fazer o levantamento dos dados de cada veículo para poder implantar o sistema de controle de custos por meio do uso de planilhas, além de pesquisa de preços no mercado regional para comparação dos custos.

Na empresa, os custos diretos são formados por combustíveis, lubrificantes, manutenção, lavagem e pneus. Já os indiretos envolvem os salários e encargos, depreciação real, seguros, rastreamento, IPVA e licenciamentos, sistema de informação, luz, água, detergente, vigilância, internet e aluguel da sede. Como despesas, pode-se citar as com o escritório de contabilidade e assessoria jurídica. Todos esses custos e despesas são controlados, sendo que o histórico de peças da oficina, pneus e lavagens são registrados em formulário eletrônico (planilhas). As planilhas de controle de rodízio de pneus, controle de manutenção e peças e controle de lavagens foram elaboradas com o intuito de auxiliar no controle dos serviços praticados. Para realizar o estudo de comparação foram calculados os custos e despesas, simulando a contratação terceirizada dos serviços realizados particularmente na sede.

Para identificar os custos e despesas de cada veículo, foi consultado os registros financeiros da empresa, identificados pela placa correspondente. Os valores foram coletados por meio da consulta dos registros fornecidos pelo escritório contábil e notas fiscais de compra de combustível e insumos do período analisado. Para realizar o estudo de comparação

foram calculados os custos e despesas, simulando a contratação terceirizada dos serviços realizados particularmente na sede, dessa forma foi possível mensurar e comparar os valores.

### 3.3 Identificação dos custos da implantação da sede

Tendo em vista os altos custos operacionais para a realização dos serviços (abastecimento, lavagem e manutenção), a empresa optou pela construção de uma sede para a realização destes. Para analisar a viabilidade da continuidade da utilização da sede, deve-se considerar as vantagens e desvantagens, tendo em vista a posterior análise, foram identificados os custos para a implantação da sede da empresa, como licenças, mão de obra, materiais de contrução, sistema de segurança, instalação elétrica, terraplanagem e ferramentas. Estes descrevem qualitativamente o investimento inicial para a construção da sede da empresa, dado que será utilizado no cálculo dos métodos de análise de viabilidade.

### 3.4 Análise dos indicadores de viabilidade econômica e financeira

Por meio dos métodos de análise de viabilidade e tempo de retorno foram feitos cálculos com a intenção de mensurar se o projeto é viável financeiramente, com a aplicação das ferramentas de análise de investimento (Gitman, 2002). Primeiramente, para realização do cálculo do Valor Presente Líquido foram levantados os fluxos de caixa do período analisado, ou seja, de Março de 2017 a Fevereiro de 2018. Para fins de análise, o valor utilizado foi a média dos fluxos do período. Ainda, para compor a fórmula do VPL, estimou-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) com base na taxa Selic vigente e também o valor investido na construção da sede.

Para os cálculos da Taxa Interna de Retorno, Retorno sobre Investimentos e Payback foram levantados os valores investidos no projeto, o ganho e a média mensal da redução de custos, alcançada com a implantação do projeto, valor que corresponde aos fluxos do período para serem aplicados nas equações.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Identificação dos custos atuais com os serviços

Foram calculados os custos e despesas, simulando a terceirização dos serviços, sem a existência da sede da empresa, para isso foram pesquisados os valores atuais e os correspondentes a cada mês do período analisado nos estabelecimentos que fornecem os serviços.

### 4.2 Identificação dos custos para a implantação da sede

A sede da empresa foi construída em local escolhido, considerando a facilidade de acesso dos veículos, e atendendo às exigências da legislação ambiental, devido ao armazenamento de combustível e lavagem, atividades que devem obedecer às distâncias de outros estabelecimentos. Para a construção foram levantados os valores investidos (Tabela 1).

Tabela 1. Custos para implantação da sede

| Custos para implantação da sede | |
|---|---|
| Licenças | R$ 4.470,00 |
| Mão de obra | R$ 8.500,00 |
| Materiais de construção | R$ 19.800,00 |
| Sistema de segurança | R$ 2.500,00 |
| Instalação elétrica | R$ 1.000,00 |
| Terraplanagem | R$ 1.400,00 |
| Ferramentas | R$ 6.000,00 |
| Móveis | R$ 3.200,00 |
| Total | R$ 46.870,00 |

Durante a construção da sede da empresa foram registrados os gastos descritos na Tabela 1, totalizando o valor total investido em R$ 46.870,00, incluindo custos da obra em itens como Licenças, Mão de obra, Materiais de construção, Sistema de segurança (alarme), Instalação Elétrica, Terraplanagem, Ferramentas e Móveis.

### 4.3 Análise dos indicadores de viabilidade econômica e financeira

Comparando-se os custos e despesas entre as opções de terceirizar ou prestar os serviços na própria sede, observa-se Anexos e Apêndices, visto que optando pela terceirização, a empresa terá um dispêndio financeiro maior, porém a simples

análise dessa diferença não fornece subsídios suficientes para tomada de decisão de investimento. Em razão disso, com base nos resultados da comparação, foram aplicados os métodos de análise de viabilidade econômico-financeira para um melhor panorama e tomada de decisão, envolvendo um conjunto de indicadores. Na Tabela 2 são apresentados os valores levantados para a realização dos cálculos de análise de viabilidade.

Tabela 2. Dados para calcular análise de viabilidade do investimento

| | |
|---|---|
| *Taxa Selic no período de março/2017 – fevereiro/2018 (TMA) | 8,62% |
| TMA mensal média no período de março/2017 – fevereiro/2018 | 0,6914% a.m. |
| Faturamento médio mensal no período (economia com os serviços particulares) | R$5.681,58 |
| | |
| Valor investido para implantação da sede | R$ 46.870,00 |
| Previsão dos retornos (economia no período de 12 meses) | R$68.178,96 |
| $Fc_{0=0}$ | R$ 46.870,00 |
| n = período de tempo | 12 meses |
| i = ou taxa mínima de atratividade | 8,62% a.a. 0,6914% a.m. |

A Tabela 2 apresenta os dados levantados durante o estudo que são necessários para a realização dos cálculos de análise de viabilidade. Primeiramente, a Taxa Selic foi determinada no período do estudo (Março de 2017 a Fevereiro de 2018) que será utilizada como referência para a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Com a TMA anual do período foi necessário calcular a mesma mensalmente para a realização do cálculo do VPL. O s valores de faturamento médio mensal, implantação da sede, previsão dos retornos e período de tempo são importantes para compor as fórmulas dos métodos de análise de viabilidade.

### 4.4 Análise de viabilidade do investimento através do método VPL

Com o Valor Presente Líquido calculado foi de R$18.642,43 sendo positivo, ou seja, maior do que zero, pode-se concluir que o investimento é financeiramente atrativo pois os valores das entradas de caixa no período são maiores que as saídas. Conforme Gitman (2002) se o VPL é maior do que 0, o projeto é aceito, se o VPL é menor do que 0, o VPL deve ser rejeitado. Como o VPL considera o valor do dinheiro no tempo e representa o retorno monetário do investimento e o valor foi maior do que zero, pode-se dizer que o investimento é financeiramente atrativo, pois, os valores das entradas de caixa no período são maiores que as saídas. O valor do VPL no período foi considerado acima do esperado pelos gestores.

### 4.5 Análise de viabilidade do investimento através da Taxa Interna de Retorno

Através do cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR), que deve ser comparada com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para analisar a viabilidade do projeto, conclui-se que o investimento é atrativo, pois a TIR de 6,3% ao mês é superior à TMA de 0,6914% ao mês. Esse critério de decisão, aceitar ou rejeitar, comparando a TIR à TMA foi sugerido por Gitman (2002) e tem se mostrado eficiente até os dias atuais. Com a TIR superior à TMA é provável que a empresa esteja obtendo pelo menos, sua taxa estimada de retorno, aumentando seu valor de mercado e como consequência, a riqueza de seus sócios, sendo um resultado positivo para a empresa.

### 4.6 Análise de viabilidade do investimento através do Retorno sobre Investimento

Com o resultado do Retorno sobre o Investimento de 45%, pode-se dizer que o projeto é viável, pois no período de 12 meses houve um lucro com porcentagem de 45% maior que o valor investido.

Por meio do método de Retorno sobre o Investimento, um dos principais indicadores de desempenho empresarial, que evidencia a recuperação dos investimentos realizados por uma empresa, mensurou-se que, no período de 12 meses, houve um lucro de 45% maior que o valor investido. Gitman (2002) descreve o ROI como medida importante da rentabilidade operacional da empresa, pois mede a eficiência com que a empresa administra o capital investido.

### 4.7 Análise de viabilidade do investimento através do método Payback

Por fim, foi calculado o Payback, que apresentou o período de tempo necessário para a recuperação do investimento inicial, sendo que o valor investido retornou no período de 8 meses e 10 dias. Esse período é considerado bom para empresa, visto que em empresas do ramo de transportes, o combustível é a maior despesa, em razão disso, o investimento possibilitou uma economia, principalmente com esse insumo. Quanto menor for o valor do Payback, menor será o tempo que o investimento demorará para se pagar (Gitman, 2002).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, para se analisar a viabilidade do investimento foi estimada a Taxa Mínima de Atratividade, importante parâmetro para calcular e comparar os indicadores. Essa taxa representou o mínimo que o empresário se propõe a ganhar com o investimento, estimada com base na taxa Selic vigente e determinada em 8,62% ao ano. Após estimar a TMA, o primeiro indicador de viabilidade analisado foi o VPL, cujo resultado foi bastante positivo.

Por meio do método de Retorno sobre o investimento, que evidenciou a recuperação dos investimentos realizados pela empresa, mensurou-se que, no período de 12 meses, houve um lucro de 45% maior que o valor investido. Com o cálculo do Payback, a empresa considera que o período de recuperação foi curto, sendo assim, o investimento foi lucrativo e viável.

Com a utilização das planilhas de controle de rodízio de pneus, manutenção e lavagem foi aperfeiçoado o método de gestão da empresa, visto que através desses registros, também foi possível supervisionar o desempenho individual dos veículos que compõem a frota, e dos funcionários, tendo potencial de auxiliar na tomada de decisão dos gestores em questões como escolha do melhor modelo de veículo e suprimentos.

Diante de todos esses indicadores foi possível tomar uma decisão com base em dados reais levantados na empresa, e em pesquisa de mercado em empresas que oferecem os mesmos serviços. A decisão mais assertiva após análise dos indicadores e comparação das despesas e custos terceirizados é a continuidade da realização dos serviços de manutenção, abastecimento e lavagem pela própria empresa, e a opção pela não terceirização.

A viabilidade do negócio foi auferida pelos indicadores e análise rigorosa dos valores investidos. Sendo assim, a continuidade do negócio é vantajosa para os sócios da empresa, levando-se em consideração a média de faturamento do período estudado e seu fluxo de caixa.

Futuramente a empresa pretende realizar um estudo para analisar a viabilidade da compra do tanque de armazenamento de combustível, que no momento pertence ao fornecedor do insumo e conforme o contrato somente essa empresa está habilitada a realizar o fornecimento, dessa forma é possível que se tenha um poder de barganha, podendo conseguir preços mais acessíveis, visto que para a conservação dos níveis de serviço e lucratividade é necessário dar ênfase à estratégias de redução dos custos operacionais.

## 6 REFERÊNCIAS

Ballou, R. H., 1995. *Logística Empresarial.* São Paulo: Editora Atlas.

Gil, A. C., 2002. Como elaborar projetos de pesquisa. *São Paulo*, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

Gitman, L. J., 2002. *Principios de Administração Financeiro*. 7ª. Ed. São Paulo: Editora Harbra.

Lenza, P., 2011. Contabilidade Geral Esquematizado. São Paulo: Saraiva.

Martins, E., 2008. *Contabilidade de Custos*. 9 ed. São Paulo; Atlas.

Schroeder, J. T.; Schroeder, I.; Costa, R. P. da; Shinoda, C. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. *Revista Gestão Industrial*, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 33-42, 2005.

Silva Junior, L. M. N. da., 2011. "Qual a Importância de uma boa Gestão de Custos?" Disponível em: <http://www.toptalent.com.br/index.php/2011/02/25/qual-a-importancia-de-uma-boa-gestao-de-custos/> . Acessado: 10/05/2018.

Silveira, C. B. Os 8 Pilares da Manutenção Produtiva Total. 2016. 02 Mai. 2018. <https://www.citisystems.com.br/pilares-manutencao-produtiva-total>

Veras, L. L., 2001. *Matemática financeira: uso de calculadoras financeiras, aplicações ao mercado financeiro, introdução à engenharia econômica, 300 exercícios resolvidos e propostos com respostas*. 4. ed. São Paulo: Atlas.

Vitorino, C. M., 2015. *Gestão de transporte e tráfego*. São Paulo: Pearson.

## 7 AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

**Tainara Volan**
tainaravolan@gmail.com
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus II – RS 331, nº 345 – Bairro Demoliner, Erechim, RS.
**Rafael Petri Zanardo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus II – RS 331, nº 345 – Bairro Demoliner, Erechim, RS.
rafaelzanardo@uricer.edu.br
**Anderson José Balbino**
andersonjbalbino@hotmail.com
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

***Resumo.*** *No atual contexto do crescente consumo de energia elétrica e do aumento dos custos, faz-se cada vez mais necessária a utilização de fontes alternativas de energia. O Brasil possui um alto potencial na produção de energia fotovoltaica, dada a incidência de radiação solar. Dessa maneira, este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica de um projeto de geração de energia solar fotovoltaica para uma instituição de ensino, o qual demonstra grande preocupação com o gerenciamento dos custos energéticos. Verificou-se a viabilidade do projeto, bem como uma TIR satisfatória e com bons retornos, demonstra-se também a relevância da análise econômica por ser um projeto de grande porte e inovador.*

***Palavras-Chave:*** *custos de energia elétrica, viabilidade econômica, geração solar fotovoltaica*

## 1. INTRODUÇÃO

A dependência do mundo em relação à energia elétrica é cada vez maior e a qualidade de vida está diretamente relacionada à sua disponibilidade. Tal bem de consumo é essencial em diversos setores, como industrial, transporte, iluminação pública, comercial e prédios governamentais, entre outros. A eletricidade além de ser indispensável no desenvolvimento humano também é importante para o desenvolvimento econômico de qualquer região (BECKER, 2014). De acordo com a *International Energy Agency*, o aumento mundial no consumo de energia elétrica dentre os anos de 1973 e 2015 foi de 395,61% (IEA, 2017). No Brasil, esse aumento é de 24,34% para o período de 2008 a 2014 (ANEEL, 2017). Tal fato explica-se devido ao aumento da população e ao crescimento da economia mundial (ALVES; SALVADOR; BRONDANI, 2014; APERGIS et al., 2014).

Aliado ao aumento do consumo nos últimos anos, o custo da energia elétrica também apresenta crescimento, o incremento é identificado entre os anos de 2014 e 2015, um valor cerca de 42,61%, explicado frente ao baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas, ocasionando o acionamento de usinas termelétricas para suprir a crescente demanda por energia (FIRJAN, 2014).

Diante do consumo de energia elétrica ser alto e o custo também apresentar elevações, discute-se muito os impactos ambientais negativos causados pela geração de energia elétrica. Nota-se cada vez mais o cuidado com o planeta e como seu estado futuro é tratado com cautela, sobretudo na busca pelo desenvolvimento sustentável. Na geração de energia destacam-se diversas alternativas de fontes renováveis consideradas "limpas", dentre as quais a energia solar (CARDOSO; CAMPOS, 2017).

Um estudo desenvolvido por Gu *et al* (2018) destaca que, ao longo de 2015 a 2040, as fontes de energias renováveis aumentarão a uma taxa de 2,8% ao ano, com energia solar e eólica liderando o *ranking*. Segundo o *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems* (ISE, 2016) a energia solar fotovoltaica apresentou um acréscimo médio de 24,3% na capacidade instalada global no período de 2014 a 2015. Para Balbino (2017), tal crescimento atribui-se à redução do impacto ambiental, rápida implantação, baixa manutenção, robustez do sistema, possibilidade de instalação próxima aos pontos de consumo e grande disponibilidade, diferentemente das principais fontes energéticas de geração atuais.

Ressalta-se ainda que as novas tecnologias que estão surgindo no mercado possuem maior eficiência dos seus componentes, bem como os seus aspectos voltados para a utilização do espaço e até mesmo a melhoria estética do local onde deve ser instalado (Gu *et al*, 2018).

Aussel et al. (2018) levantou discussões sobre a importância de avaliações econômicas de processos ou na aplicabilidade entre sistemas competitivos existentes. Atualmente, estas análises econômicas ainda sofrem de imprecisão nas suas definições, tendo como consequência numerosos conceitos e métodos diferenciados para cada caso investigado. Salienta-se ainda que uma estimativa econômica acurada de um projeto, particularmente de energia, é de suma importância, uma vez que é um projeto inovador e de grande porte. Provar a viabilidade não é suficiente, mas sim demonstrar sua relevância econômica no contexto abordado é o que faz a diferença na tomada de decisão pela opção de realizar ou não a instalação do projeto.

Sendo assim, justifica-se a importância e existência deste trabalho, uma vez que realiza uma análise econômica de um projeto de geração de energia solar fotovoltaica, fazendo-se uso de ferramentas como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*, com o dimensionamento de acordo com a demanda de consumo da universidade, considerando 50%, 75% e 100% de todo o consumo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo, obtenção e análise de dados

O presente estudo foi realizado na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, situada na cidade de Erechim, no estado do Rio Grande do Sul. Conta com Câmpus 1, Câmpus 2 e a URICEPP (Centro de Estágios e Práticas Profissionais), somando uma área de 651.676,33 m², sendo que desses 49.216,78 m² é de área construída.

Para a realização da pesquisa, utilizaram-se os portais de conteúdo científico *Elsevier, Spinger, Scopus* e o Portal de Periódicos de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da mesma forma consultaram-se livros, dissertações, teses e artigos publicados em anais de eventos com referência ao tema estudado, a fim de buscar o embasamento teórico necessário a efetiva realização do estudo. Os dados para a realização do estudo são de faturas de energia elétrica fornecidas pelo setor de Manutenção da Universidade, do período de agosto de 2016 a agosto de 2017, pertencentes a companhia de rede elétrica RGE (Rio Grande Energia).

Inicia-se o estudo com o dimensionamento dos cenários propostos (50%, 75% e 100% do consumo da universidade). Estes dados servirão como subsídio para a estruturação dos indicadores econômicos, os quais possuem o objetivo de avaliar a viabilidade econômica dos cenários apresentados. Tal etapa é constituída de orçamentos levantados pelo Portal Solar, site que contém um simulador de projetos solares, bem como uma empresa que realiza trabalhos na área de eficiência energética e projetos de geração solar.

### 2.2 Conceitos de geração de energia solar fotovoltaica a fim de interpretação dos resultados

O Brasil, do ponto de vista energético, possui características naturais favoráveis para a geração de energia fotovoltaica, uma vez que possui alto nível de insolação (FARRET, 2010), possuindo assim grande aproveitamento de radiação solar durante todo o ano. O sistema fotovoltaico converte a radiação solar em energia elétrica utilizando um conjunto de equipamentos para captura e absorção dos fótons. A luz solar incide sobre uma célula fotovoltaica e a energia dos fótons da luz é transferida para os elétrons que, então, ganham a capacidade de se movimentar, que por sua vez, geram a corrente elétrica (ALMEIDA et al., 2017).

Os sistemas fotovoltaicos são classificados quanto à forma de aplicação da energia gerada: sistemas conectados à rede de distribuição elétrica (*on grid*), sistemas isolados (*off grid*) e sistemas híbridos (SILVA, 2014).

O sistema isolado (*off grid*) caracteriza-se por não ser conectado à rede elétrica. Nesse caso, a energia gerada é utilizada para a alimentação de equipamentos elétricos ou para armazenamento em baterias. No segundo caso, faz-se possível o uso da energia armazenada durante o período em que o sistema não está gerando energia elétrica. Como vantagens desse sistema, pode-se demonstrar seu uso em locais remotos e a independência energética, já que as falhas de energia na rede de serviços públicos, em teoria, não afetam os sistemas solares fora da rede (GUIMARÃES, 2015).

O sistema do tipo *on grid* é interligado à rede elétrica (UCZAI; TAVARES; QUEIROZ FILHO, 2012) e opera em paralelo com a rede elétrica local. A energia gerada passa pelo inversor, que irá converter à corrente contínua em corrente alternada com as características necessárias para atender as condições impostas pela rede elétrica comercial (NOGUEIRA, 2016).

### 2.3 Conceitos de modelagem da viabilidade econômica a fim de interpretação dos resultados

A decisão do consumidor de investir em geração de energia própria passa, inequivocadamente, pela análise comparativa do quanto estaria deixando de pagar à distribuidora pela compra de energia *versus* o montante de investimento necessário para adquirir e manter o seu sistema fotovoltaico (NOGUEIRA, 2016).

Desse modo, para a análise de viabilidade econômica de investimento de painéis fotovoltaico faz-se uso de ferramentais usuais como o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*. Para Marchetti (1995), o VPL revela uma expectativa de ganho de capital acima (se possuir um valor positivo) e abaixo (se negativo) do retorno mínimo esperado considerado na taxa de desconto do fluxo de caixa, significando assim que o valor presente das

entradas é igual, no mínimo, ao valor presente da saída, sendo assim o investimento é viável. Este índice desloca as entradas e saídas de capital para a data inicial do investimento, descontando a taxa de juros, denominada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (ROSS, WESTERFIELD; JAFFE, 2007).

Para Gitman (2007), a TIR é a taxa necessária para igualar o valor atual das entradas ao investimento inicial. Desse modo, é a taxa que faz com que o VPL de um projeto seja igual a zero, representando o ponto de partida de reversão da decisão de investir (ALVES, 2016).

Por fim, o *Payback* Descontado calcula o tempo de retorno do investimento inicial realizado, o qual possui uma taxa de desconto antes de proceder à soma dos fluxos de caixa a qual é, em geral, a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) (MUÑOZ, 2015; PRATES, 2016).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Desenvolveu-se o projeto de geração de energia solar por painéis fotovoltaicos com o uso de três diferentes cenários, de modo a demonstrar possibilidades diversas para auxílio da tomada de decisão referente à qual investimento escolher.

O primeiro cenário caracteriza-se como Cenário 1, o qual possui a capacidade de atender 100% do consumo da universidade, ou seja, suprir um consumo de 109.851,24 kWh. O Cenário 2 apresenta 75% do consumo da instituição, representando um valor de 82.388,43 kWh. E o último Cenário atende a 50% do consumo da instituição, correspondente a uma média de 54.925,62 kWh por mês.

Para o dimensionamento do projeto solar, definiu-se de acordo com fornecedores de equipamentos as variáveis padrão utilizadas para todos os cenários, conforme apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis Padrão

| Variáveis | Valor |
|---|---|
| Média de Índice Solarimétrico | 4,59 kWh/m².dia |
| Potência Máxima Nominal do Inversor | 120 kW |
| Eficiência do Inversor | 98,4% |
| Potência Máxima Nominal Módulo Fotovoltaico | 325 W |
| Eficiência das Conexões dos Módulos Fotovoltaicos | 77,66% |
| Eficiência do Sistema | 76,4% |
| Dimensão Módulo Fotovoltaico | 1,944 m² |

O índice de solarimétrico provém do banco de dados do *Valores Medios de Irradiacion Solar sobre Suelo Horizontal* do Centro de Estudos de Energia Solar (CENSOLAR), para calcular tal valor utilizou-se as coordenadas geográficas do local de implantação do projeto solar, ou seja, a URI Câmpus de Erechim. Os demais dados apresentados são pertencentes à fornecedores de projetos fotovoltaicos.

Com os dados acima mencionados e com o consumo de energia elétrica da universidade, foi possível realizar o dimensionamento do projeto para os diferentes cenários, o qual é demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Dados de Projeto

| Variáveis | Cenário 1 | Cenário 2 | Cenário 3 |
|---|---|---|---|
| Média de Consumo mês (kWh) | 109.851,24 | 82.388,43 | 54.925,62 |
| Média de Consumo Dia (Wh/dia) | 3.661.708,05 | 2.746.281,03 | 1.830.854,02 |
| Potência dos Módulos Fotovoltaicos (kW) | 797,76 | 598,32 | 398,88 |
| Número de Inversores | 6,76 | 5,07 | 3,38 |
| Potência Instalada de Módulos Fotovoltaicos (W) | 1.044.754,40 | 783.565,80 | 522.377,20 |
| Número de Módulos Fotovoltaicos | 3.214,63 | 2.410,97 | 1.607,31 |
| Área necessária para instalação | 6.250,27 | 4.687,70 | 3.125,13 |

Posteriormente ao dimensionamento do projeto solar, buscaram-se orçamentos que suprissem a necessidade de cada cenário proposto. Dessa forma, obtiveram-se orçamentos de uma empresa de serviços de engenharia e consultoria e o segundo do simulador presente no site do Portal Solar, o qual é alimentando com informações da localidade do projeto e consumo médio de energia em kWh. Assim sendo, uma média do custo do sistema fotovoltaico é formada, sendo que os orçamentos de cada cenário são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Orçamentos

| Orçamentos | Valor do orçamento (R$) | Produção Anual de Energia (kWh/ano) |
|---|---|---|
| Cenário 1 | 3.511.474,04 | 1.308.212,58 |
| Cenário 2 | 2.634.469,78 | 990.816,84 |
| Cenário 3 | 1.770.276,21 | 658.855,86 |

Para a análise econômica serão necessárias algumas premissas que irão nortear a modelagem financeira. Desse modo, define-se que a degradação do sistema fotovoltaico é de 0,6% ao ano e a vida útil de 25 anos (HORWACZ, 2018). A Taxa de Atratividade foi definida como 15%. Utilizou-se a tarifa média de R$ 0,42/kWh (RGE, 2018). Outra informação importante para a análise de viabilidade econômica do projeto solar é a presença de reajustes tarifários da energia elétrica ao longo dos anos. Sendo assim, um estudo realizado por Santos et al. (2017) observaram reajustes de 4,8% ao ano na tarifa, com base em estatísticas passadas da ANEEL e previsões do IGPM (Índice Geral de Preços do Mercado) e IRT (Índice de Reajuste Tarifário). Salienta-se que esse valor será considerado nos cálculos para a análise financeira do projeto.

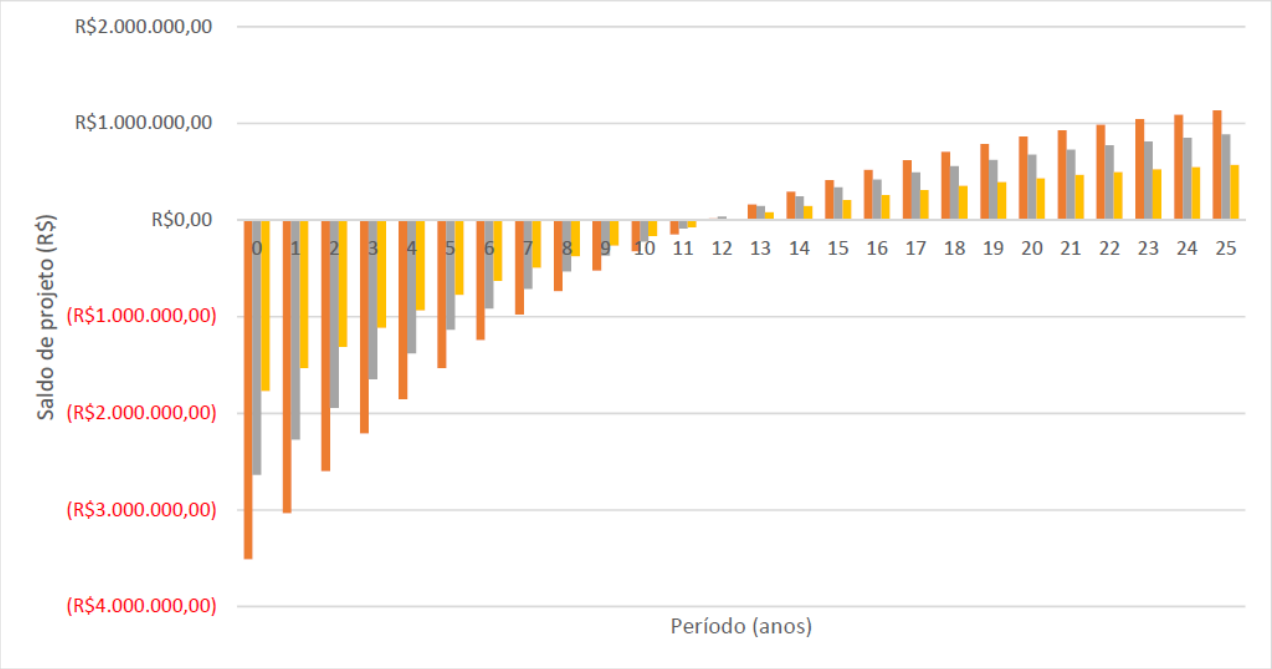
Com as premissas definidas, formam-se então os fluxos de caixa para cada cenário. Os resultados relativos a cada cenário são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Indicadores Econômicos

| Indicadores Econômicos | Cenário 1 | Cenário 2 | Cenário 3 |
|---|---|---|---|
| TIR | 19,29% | 19,45% | 19,27% |
| VPL | R$ 1.134.341,72 | R$ 884.188,09 | R$ 569.598,67 |
| *Payback* Simples | 5,74 anos | 5,68 anos | 5,71 anos |
| *Payback* Descontado | 11,41 anos | 11,25 anos | 11,42 anos |

O tempo de retorno dos três cenários propostos é entre 11 e 12 anos. O que demonstra diferença entre eles é a variação do montante a ser investido que, por sua vez, segue a proporção da definição dos cenários, conforme é exibido na Figura 1.

Figura 1. Síntese do *Payback* para os 3 cenários propostos




O Cenário 1 apresenta vantagens em relação ao montante de energia que pode ser produzida. Caso ultrapasse a demanda requerida pela universidade, ela se transforma em créditos que podem ser utilizados em momentos onde há menor produção de energia elétrica, sendo necessário utilizar a energia vinda da rede.

De acordo com as análises realizadas, pode-se determinar que as variações entre os projetos são determinadas pelo investimento inicial e pela área a ser utilizada para os arranjos fotovoltaicos. Os cenários 1 e 2 só podem ser instalados no Câmpus 1 da universidade, devido à área útil disponível. Por outro lado, o Cenário 3 pode ser instalado tanto no Câmpus 1 como no Câmpus 2, o que pode influenciar na tomada de decisão da escolha do projeto a ser investido.

## 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento desse estudo possibilitou a compreensão sobre a necessidade de um gerenciamento dos custos energéticos em uma universidade, o qual embasa-se em três principais pilares: custo, consumo e geração. Inicialmente, é de suma importância a análise da modalidade tarifária em que a instituição está inserida. Do mesmo, faz-se necessário um estudo de eficiência energética, visando a redução do consumo de energia elétrica. Por fim, têm-se a geração de energia elétrica, a qual busca a autonomia de geração de acordo com o necessário a ser consumido.

Para obter-se maiores reduções de custos, bem como um controle energético da universidade, discutiu-se o terceiro pilar, referente à geração de energia fotovoltaica. Para tanto, dimensionou-se um sistema fotovoltaico para três diferentes cenários, considerando 100% do consumo da instituição, 75% e 50%, de forma a apresentar diferentes possibilidades para o investimento de geração de energia fotovoltaica e auxiliar na tomada de decisão do investimento.

A metodologia adotada nesse estudo apontou que, independente do cenário escolhido, o tempo de retorno do investimento é entre 11 e 12 anos. Além disso, de acordo com os indicadores econômicos, os três cenários apresentaram um VPL positivo e TIR de aproximadamente 19%, indicando um investimento viável e com bons retornos.

Com a abordagem do último pilar, apresenta-se uma significativa redução de custos e possibilidades de investimentos em geração própria de energia, o que propicia o emprego de recursos em outras áreas da universidade.

Sugere-se como estudos futuros a aplicação dos outros dois pilares não abordados no presente estudo: custo e consumo, os quais juntos poderão propiciar uma redução de custos significativa, além de um gerenciamento mais correto em relação a gestão energética.

## 5. REFERÊNCIAS

Becker, T. V., 2014. “Otimização da Demanda e Consumo de Energia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira.” Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

IEA. Key World Energy Statistics 2016. [S.I.], 2017.

ANEEL, *Agência Nacional de Energia Elétrica.*, 2017. “Anuário Estatístico de Energia Elétrica.”

Alves, D. d. S., Salvador, C. A. V. Brondani, M., 2014. “Análise de Eficiência Energética em Redes de Distribuição de Energia Elétrica.” *Universidade Federal de Santa Maria* – UFSM.

Apergis, N. *et al*., 2014. “. Energy Efficiency of Selected OECD Countries: A Slacks Based Model with Undesirable Outputs” Pretoria.

Cardoso, R. B.; Campos, O. C., 2017. “Impacts of Climate Variables in Energy Generation in the Photovoltaic Systems of the UNIFEI, in Itabira City.” SODEBRAS, v. 12.

Firjan. Federação das indústrias do Estado do Rio de Janeiro. 2014. “Perspectivas do custo da energia elétrica para a indústria no Brasil em 2014 e 2015”.

Gu, Y. et al., 2018. “Techno-economic analysis of a solar photovoltaic/termal (PV/T) concentrator for building application in Sweden using Monte Carlo method.” Energy Conversion and Management. Elsevier.

ISE. 2016. “Photovoltaics report”. Freiburg.

Balbino, A. J., 2017. “Estudo e Desenvolvimento de Dispositivo de Processamento de Energia com Duplo Estágio de Conversão aplicado à Sistemas Fotovoltaicos Isolados”. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

Aussel, D. *et al.* 2018., “On the equivalence and comparison of economic criteria for energy projects: Application on PV/diesel hybrid system optimal design.” **.** Energy Conversion and Management, Elsevier.

Almeida, T. C. *et al*., 2017. “Análise de de viabilidade da instalação de sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica do Nordeste brasileiro com o uso da metodologia PMBOK.” *XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.*

Farret, F. A., 2010. “Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica.” *UFSM – Santa Maria.*

Guimarães, G., 2015. “Entenda as diferenças entre o Sistema isolado e o conectado à rede.” <http://www.solarvolenergia.com.br/sistema-fotovoltaico-isolado-ou-conectado.>.

Uczai, P.; Tavares, W. M.; Queiroz Filho, A. P. de., 2012. “Energias Renováveis – Riqueza Sustentável ao Alcance da Sociedade.”. Brasília.

Silva, R. G. da., 2014. “Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para atender uma demanda de ilukinação.”. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Estadual de Londrina.

Nogueira, P. C., 2016. "Estudo de viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica de energia do Rio de Janeiro: um estudo de caso." Monografia (Projeto de Graduação) – Engenharia de Produção.

Marchetti, V., 1995. "Risco e Decisão em Investimento Produtivo". Porto Alegre: Editora Universidade, UFRGS.

Ross, S.; Westerfield, R.; Jaffe, J., 2007. "Administração Financeira: Corporate Finance" 2ª Edição. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A.

Alves, G. H., 2016. "Projeto e Análise da Viabilidade Econômica da Instalação de Painéis Fotovoltaicos no Setor Industrial". Monografia – Universidade de São Paulo.

Gitman, L., 2007. "Princípios de Administração Financeira". 10ª Edição. Ed. São Paulo: Editora Harba.

Munõz, N. A. C., 2015. "Análise da viabilidade técnica e econômica de um sistema de geração de energia alternativa para uma casa de bombeamento de esgoto pluvial". Monografia (Projeto de Diplomação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prates, W. R., 2016. "Qual a diferença de payback simples e descontado". Disponível em: <http://www.wrprates.com/qual-e-a-diferenca-entre-payback-simples-e-descontado/>.

Horwacz, R. 2018. "Análise Técnico-Econômica de uma Minigeração Fotovoltaica no Bloco H do prédio do Centro de Tecnologia na UFRJ." Projeto de Graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RGE - Rio Grande Energia., 2018. "Tarifas – RGE". <https://www.cpflempresas.com.br/institucional/tarifas.aspx?emp-D008>.

Santos, J. B. dos., et al., 2017. "Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de um estacionamento fotovoltaico". Simpósio de Engenharia de Produção.

## 6. AVISO DE RESPÓNSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA DA REGIÃO SUL DO BRASIL

**Tamires Suani Calgaro**
**Jardel Felipe Konzen**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus de Frederico Westphalen
tamirescalgaro@hotmail.com
konzen94@hotmail.com

**Mateus Arlindo da Cruz**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus de Frederico Westphalen
mateusArlindo@hotmail.com

***Resumo.*** *Devido as variações climáticas e consequentemente os danos sociais e econômicos ocasionados, compara-se a eficiência e segurança do sistema construtivo comumente utilizado na região Sul do Brasil de alvenaria convencional e o sistema de paredes de concreto pré-fabricadas. Através da construção de uma residência modelo utilizada na implantação de um loteamento habitacional, sendo evidenciado as informações técnicas da viabilidade de cada tipologia. O foco se dará para famílias carentes e em situações emergenciais, observando que o terreno onde será construído a edificação em análise foi situado na região sul do país. Foram utilizados para este estudo de caso, orçamentos, cronogramas de obra, características e desempenhos, a fim de esclarecer as dúvidas relacionadas aos custos e tempo de execução. Concluiu-se que os diferentes sistemas quando comparados obtiveram destaques em diferentes etapas. Entretanto quando utilizado a tipologia 1 de alvenaria convencional, os menores custos foram inferiores, cerca de R$ 12.725,15 a menos que a tipologia 2 de paredes de concreto pré-fabricadas. Quando utilizado a tipologia 2 obteve-se uma redução significativa no prazo de execução, em cerca de 42 dias, sendo assim atendendo de melhor forma as situações emergenciais, apresentando de modo geral um melhor desempenho e benefício, principalmente tratando-se de resistência, durabilidade e racionalização de materiais.*

***Palavras-chaves:*** *Custos, Construção Civil, Sistemas construtivos, Economia.*

## 1. INTRODUÇÃO

Ao decorrer dos anos acompanhamos a ocorrência de diversas catástrofes naturais. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Rio Grande do Sul (INPE, 2008), as regiões mais afetadas são as do sul do país. Diante destes aspectos, visando a reconstrução dos locais afetados é necessário realizar melhorias no sistema construtivo, de modo a assegurar a segurança das cidades e construções. As edificações mais afetadas são consequentemente as mais frágeis e que geralmente pertencem às famílias de baixa renda. Neste contexto a presente pesquisa visa realizar um comparativo entre sistemas construtivos utilizando uma edificação modelo para a implantação na região sul do país. O intuito da pesquisa é verificar qual a melhor opção para a construção de moradias de interesse social a serem executadas em situações emergenciais ou situações de planejamento habitacional.

Devido a destruição originada pôr os eventos climáticos se faz necessário realizar um planejamento, visando utilizar técnicas construtivas mais eficazes. Dentro destes parâmetros deve-se considerar o ponto de vista econômico e estrutural, com a finalidade de se construir ou reconstruir moradias mais seguras e resistentes a curto prazo. Ao longo dos anos os métodos construtivos foram sendo aprimorados, de acordo com Junior (2010, apud Temaki e Rocha) os três métodos utilizados na construção de habitações econômicas são: alvenaria estrutural, concreto pré-moldado e paredes de concreto pré-fabricadas na obra.

## 2. PROCESSOS METODOLÓGICOS

Para realização da presente pesquisa de cunho qualitativo, os processos metodológicos são iniciados na fundamentação quantitativa, permitindo a mensuração da implantação de uma residência do tipo unifamiliar, oportunizando a criação de loteamentos de interesse social. Posteriormente foi definido os sistemas construtivos a serem

comparados e analisados, sendo a tipologia 1 a de alvenaria convencional com uso de blocos cerâmicos e a tipologia 2 de paredes de concreto pré-fabricadas. Para cada sistema construtivo serão realizados fluxogramas contendo o cronograma e etapas a serem seguidas para a sua execução. O projeto residencial será um modelo padrão para ambos sistemas construtivos, a fim de se obter qual irá ter um maior desempenho nos quesitos de: resistência, custo, durabilidade e tempo de construção. Posterior à obtenção dos resultados serão analisadas as vantagens e desvantagens de cada sistema e qual será o mais eficaz.

### 2.1 Metódo construtivo com alvenaria convencional com blocos cerâmicos

A execução correta das edificações é influenciada diretamente pelo seu planejamento. Deve-se considerar cada etapa construtiva, bem como a organização do canteiro de obras, pois se tratando de um empreendimento de larga escala são diversas etapas a serem gerenciadas ao mesmo tempo. Na figura 1 adaptado de Carrion e Moreno (2004) segue ilustrado o fluxograma das etapas a serem realizadas para execução de edificações em alvenaria convencional com blocos cerâmicos.

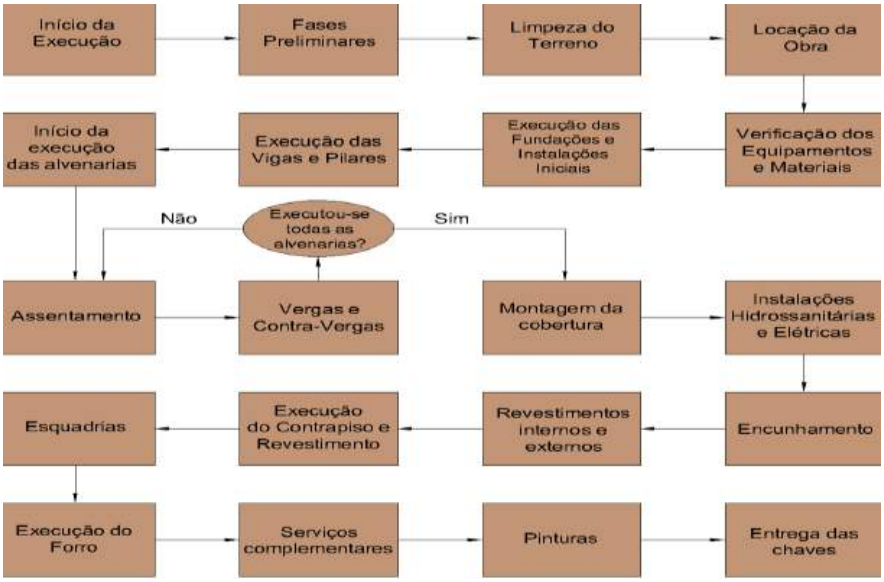



Figura 1. Fluxograma das etapas construtivas da alvenaria convencional

Segundo Saurin e Formoso (2006), deve-se estar atento aos detalhes necessários para suprir todas as etapas, por exemplo, no canteiro de obras é necessário fazer a instalação de um depósito para estocagem dos materiais, uma central de armação e formas, almoxarifado, ferramentaria, escritório técnico-administrativo, refeitório, vestiário e sanitários. Conforme demonstrado no fluxograma a construção desta tipologia deve ser antecedida de alguns processos como a limpeza do terreno, locação da obra, execução das fundações e concretagem das estruturas de concreto armado. Esses processos prévios são importantes para que as fases posteriores procedam corretamente conforme seus projetos, cronogramas e quantificação.

### 2.2 Método construtivo com paredes de concreto pré-fabricadas

Os detalhes construtivos desta tipologia são avaliados e aprovados pelo sistema PBQP-H (Programa brasileiro de qualidade e produtividade do habitat), por meio do SINAT (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas), que oferece suporte à execução de procedimentos reconhecidos no setor produtivo da construção civil Brasileira, onde avalia-se e estimula-se à inovação tecnológica em produtos utilizados nos processos de construção. Atualmente a tipologia de paredes de concreto da VIVER® (Viver Incorporadora e Construtora S.A.) e da GCS® (Global Concrete Solutions do Brasil Construções LTDA), receberam avaliações e passaram os detalhes para o Documento de Avaliação Técnica, DATec 003-B (VIVER®) e DATec 029 (GCS®), que são relatórios onde descrevem a tecnologia e os ensaios realizados para determinar sua resistência contra o fogo, estrutural, condutividade térmica e acústica. Na Figura 2 segue um fluxograma e as etapas construtivas atualizadas no sistema de paredes de concreto, conforme utilização atual das empresas VIVER®, (2015) e GSC®, (2016).

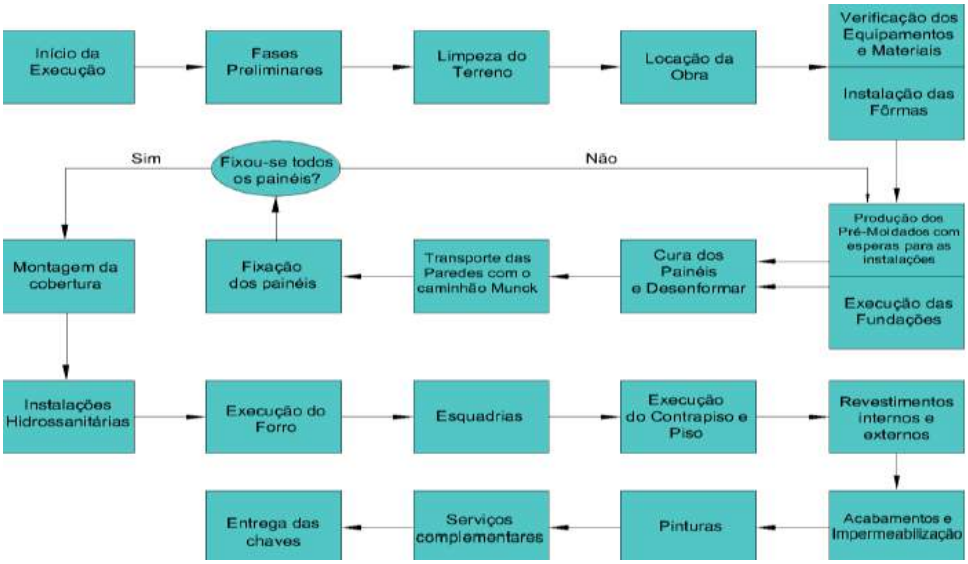



Figura 2. Fluxograma das etapas construtivas de parede de concreto pré-fabricadas.

Primeiramente antes de iniciar a fabricação das placas, que será produzido em larga escala, deve-se suprir a necessidade operacional desta tipologia. Se faz necessário à organização do canteiro de trabalho na indústria, acrescentando a construção de uma estrutura coberta com grandes vãos, além de almoxarifado, vestiários e depósito de matéria prima, para efetuar a correta realização das etapas construtivas, por fim, observa-se que este sistema faz uso de alguns detalhes, ferramentas e equipamentos que deverão ser previamente adquiridos para posterior uso, por exemplo: pórticos rolantes, caminhão Munck ou Grua, bateria de fôrmas e central de produção de concreto para a produção dos painéis, caçamba para lançamento do concreto, projetos, detalhamentos construtivos, orçamentos e cronogramas.

Com a obtenção do modelo padrão da edificação e das características de cada tipologia, abre-se a possibilidade para produção e execução em larga escala, em diferentes regiões, entretanto deve-se estar atento para a variação dos custos conforme cada região. Os quesitos referentes ao local da fábrica, optou-se pela instalação na cidade de Frederico Westphalen-RS e a partir destas instalações o raio de distância até a obra se deu em um terreno qualquer a localizado à 100 Km de distância desta indústria.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Projeto residencial

As informações mínimas que se fazem necessárias para a execução do projeto modelo seguem conforme as características da tipologia 1, sendo descrita na Tabela 1, onde estão demonstradas as informações que foram aplicadas ou alteradas neste projeto (R1-2B-38C/SINAPI: 9658-R1-2B-38C), segundo GIHAB, (2013) e GEPAD, (2013) que forneceram uma planta baixa (Figura 3) utilizada para ambas tipologias em análise e ainda um o orçamento da mesma, pertencentes ao sistema construtivo de alvenaria convencional.

Tabela 1. Características da tipologia 1

| Dados | Descrições mínimas | Características utilizadas no Projeto |
|---|---|---|
| Compartimentação | Sala, Cozinha, Banheiro, 2 Dormitórios, Tanque externo sem cobertura. | Sim |
| Área Total | 35,00m² | 38,317m². |
| Pisos | Cerâmica na cozinha e banheiro, cimentada no restante. | Sim. |
| Revestimento de alvenarias | Azulejo 1,50m nas paredes hidráulicas e Box. | Sim, azulejo até o teto. |
| Revestimento de alvenarias | Reboco interno e externo com pintura PVA no restante. | Sim. |
| Forro | Laje de Concreto, madeira ou PVC. | Concreto. |
| Cobertura | Telha Cerâmica. | Telha capa canal. |
| Esquadrias | Janelas de ferro ou alumínio e portas de madeira. | Janelas de ferro e portas de madeira. |

| | | |
|---|---|---|
| Pé direito mínimo | 2,20m na cozinha e banheiro, 2,50m no restante. | Não informado, adotado 2,50m em toda residência. |
| Instalações Hidráulicas | Pontos definidos, medição independente. | Sim. |
| Instalação Elétrica | Pontos definido, especificação mínima de materiais. | Sim. |
| Aquecimento Solar/Térmico | Instalação de Kit Completo | Não listado no orçamento. |
| Passeio | 50m no perímetro da construção | Sim. |

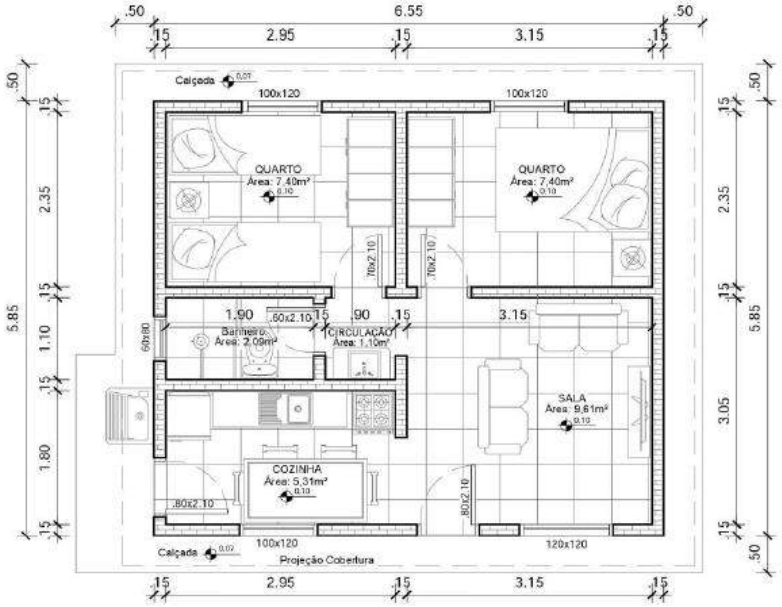



Figura 3. Planta Baixa residência padrão

A partir de analisar os detalhes necessários para a tipologia 1, foram realizadas alterações na planta da edificação modelo para a tipologia 2. Foi mantido a integridade quanto ao modelo projetado. Na tabela 2 estão representadas as descrições do projeto para a tipologia 2.

Tabela 2. Características da tipologia 2

| | |
|---|---|
| Local da Fábrica | **Frederico Westphalen - RS** |
| Local da Obra | Região de Frederico Westphalen – RS, 100 Km da fábrica. |
| Compartimentação | Sala, Cozinha, Banheiro, 2 Dormitórios, Tanque externo sem cobertura. |
| Área total | 38,30m² |
| Pisos | Cerâmica do tipo grés 35x35cm e com rodapés. |
| Passeio | Largura:50 cm no perímetro da construção |
| Revestimento das Paredes | Azulejo tipo grés nas paredes hidráulicas e no banheiro. |
| Revestimento de Paredes | Fundo selador, Pintura PVA nas paredes internas e Pintura com tinta texturizado nas paredes externas. |
| Forro | Laje de Concreto, com pintura de tinta PVA e acrílica. |
| Cobertura | Telha Cerâmica Capa-Canal. |
| Esquadrais | Janelas de Aço e portas de madeira. |
| Pé-Direito Mínimo | Altura: 2,50m em toda a edificação. |
| Instalações Hidráulicas | Pontos externos e pré-definidos, medição independente. |
| Instalação Elétrica | Pontos embutidos na fabricação das placas e pré-definidos em projetos. |
| Juntas | Selante monocomponente, a base de PU com bico aplicador de 6mm, e aplicação AC-III. |
| Ensaios Corpos de Prova | Ensaio de Resistência a Compressão do Concreto, 3 corpos de prova. Observando que as dimensões das paredes são de 8 e 10 cm, o que comparado às espessuras dos ensaios demonstrados anteriormente, o tornam superior. |

| | |
|---|---|
| Transportes | O transporte das peças pré-fabricadas de concreto será através de caminhão com capacidade mínima de 8 Ton. com guindaste modelo 35000. |
| Formas | Formas metálicas horizontais formadas a partir de perfis treliçados de diâmetros variados; |
| Composição das Paredes | FCK: 25 Mpa; Peso: 2.400 Kg/m²; Armação: Paredes internas - tela Q138 - CA60. Paredes Externas: tela Q246 – CA60; Perfil metálico tipo "T" duplo, para ancoragem de painel com fundação; Perfil metálico tipo "I" duplo, para fixação entre painel e laje de forro; Perfil metálico tipo "U" para fixação entre painéis; Perfil cantoneiro tipo "L" para fixação entre painéis e lajes; Espaçadores, 4/m² de concreto. |

### 3.2 Custos e prazos de execução

Após o levantamento do período em dias levado para construção da edificação e seus respectivos orçamentos, a serem empregues na edificação modelo, foram formados os cronogramas físicos financeiros, afim de se ilustrar os detalhes de cada tecnologia construtiva. Analisando o cronograma da obra após a finalização de todas as etapas iniciais, foi decorrido o tempo de 58 dias para a conclusão da edificação residencial e entrega das chaves para o proprietário na tipologia 1. Salienta-se que o processo de cura dos revestimentos foi menor, devido ao regime de urgência da obra.

Já para a tipologia 2 o tempo decorrido para sua conclusão foi de apenas 16 dias até a entrega das chaves. É importante destacar que o cronograma teve início após toda obtenção de mão de obra especializada, detalhamentos de projetos, estocagem dos materiais na fábrica e obtenção dos equipamentos necessários. Foi analisado também o tempo de execução em dias de cada tipologia para a construção das residências unifamiliares com 100 unidades habitacionais utilizando a mesma edificação modelo. O tempo percorrido até o final da obra foi de 406 dias para a tipologia 1 e 110 dias para a tipologia 2. Através da obtenção do tempo gasto em cada tipologia pode-se notar que a tipologia 2 obteve uma execução muito mais rápida tanto para edificações realizadas separadamente ou coletivas.

O gasto bruto gerado para a construção da edificação em análise foi levantado superficialmente e multiplicado pelo valor total de residências a serem construídas, neste caso 100 unidades habitacionais. Para a tipologia 1 o gasto seria de aproximadamente R$ 55.524,50 e para a tipologia 2 R$ 68.249,65. Analisando os valores consumidos para cada tipologia pode-se calcular o valor gasto por metro quadrado de cada sistema. Sendo assim, para os 38,317m² de área construída, contendo 139,14m² de paredes, a tipologia 1 obteve o menor custo contando com um valor de R$ 1.449,083 para o m² construído e R$ 399,05 para o m² de paredes, enquanto a tipologia 2 utilizou um total de R$ 1.781,185/m² de área construída e R$ 490,51/m² para as paredes, sendo superior ao gasto na tipologia 1.

Com a finalidade de complementar este estudo comparativo segue na Tabela 3 os dados esclarecendo os desempenhos e características referentes às tipologias 1 e 2. Os dados se referem à cada sistema e seus respectivos tempos de execução, custos e a qualidade do produto final, considerando sua resistência e durabilidade.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das tipologias analisadas

| | **Vantagens** | **Desvantagens** |
|---|---|---|
| **Tipologia 1** | Baixo custo. | Baixa produtividade e lenta execução, principalmente os outros pavimentos excluindo o térreo. |
| | Baixo investimento inicial. | Grande quantidade de perdas. |
| | Facilidade na execução. | Retrabalho após assentamento das paredes, faz-se o corte e fixação das instalações elétricas e hidráulicas. |
| | Possibilidade de alterações futuras no layout do projeto, como rasgos em paredes. | Facilidade para adquirir patologias. |
| | Utilização de equipamentos de pequeno porte. | Erros nas etapas de execução. |
| | Mão de obra pouco especializada. | Formas metálicas reutilizáveis |
| | Facilidade para financiamentos. | Necessita de grandes camadas de revestimentos internos e externos. |
| | Grande variação do formato e quantidade de pavimentos nos projetos. | Falta de detalhamentos em projetos. |
| | Formas e escoras reutilizáveis, para vigas e pilares. | |
| **Tipologia 2** | Alta produtividade e rápida execução. | Limitação de pavimentos. |
| | Mão de obra especializada. | Grandes investimentos iniciais. |
| | Possibilidade de produção no local da obra. | Grande investimento e riscos envolvidos no transporte da matéria prima. |
| | Alta resistência (Paredes autoportantes) e durabilidade do sistema. | Necessidade de trocas dos selantes nas juntas a cada 10 anos. |
| | Baixo índice de perdas. | Utilização de equipamentos de grande porte. Exemplo: |

| | |
|---|---|
| | Grua, Munck, etc. |
| Formas metálicas reutilizáveis. | Ensaios laboratoriais. |
| Uniformidade das paredes, reduzindo gastos em revestimentos. | Não há possibilidade de mudança no layout do projeto ou rasgos em paredes, posterior a sua execução. |
| Fabricação padronizada. | Falta de financiamentos. |
| Aumento da área útil interna. | |
| Racionalização de materiais. | |

## 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos durante esta pesquisa e evidenciado por Sacht (2008), pode-se constatar que o sistema construtivo de paredes de concreto necessita de grandes esforços e possui diversos empecilhos primários, contudo, possui alta produtividade, o que favorece sua utilização em grandes empreendimentos, acelerando o processo de execução. As diferenças encontradas no tempo de execução de uma residência de 38,317m², para cada tipologia se varia, sendo que a produção de uma edificação em alvenaria convencional (58 dias), pode-se chegar a produzir no mínimo 3 casas utilizando a tecnologia de paredes de concreto pré-fabricadas (16 dias). Os custos para execução da tipologia 2 podem variar conforme a localização da fábrica, e o seu tempo de execução podem ainda ser influenciado pelo tipo de fundação ou cobertura utilizadas, segundo Sacht (2008), pode-se projetar a estrutura de cobertura de maneira diferente, utilizando somente lajes e/ou oitões pré-fabricados de concreto.

Conforme Santos apud Casagrande (2012), quando comparamos o sistema de pré-fabricados à tipologia convencional, o sistema de pré-fabricados pode alcançar uma economia de até 50% na mão de obra, oferecendo também ganhos ecológicos, devido ser oriundo de processos industriais e não produzir resíduos. Os principais benefícios encontrados na utilização de pré-fabricados de concreto em um empreendimento de 100 unidades residenciais, neste caso foi principalmente a redução do cronograma de execução. Sabe-se que há limitações tecnológicas e burocráticas nesta tipologia construtiva, estas limitações impedem que ocorra um maior crescimento do país. Às principais desvantagens encontradas na tipologia 2, se referem à os períodos de invernos rigorosos, que ocorrem comumente no sul do país. Apesar das espessuras dos painéis de concreto suprirem o conforto térmico mínimo imposto por norma, o conforto térmico da tipologia 1 é superior. Conforme os coeficientes do concreto maciço com 12 cm de espessura, o mesmo possui resistência térmica de 0,069(m².K) /w e atraso térmico de 3,3h que a Projeteee® (2017) evidência. Dito isto, pode-se diminuir o espaço ocupado pelo concreto armado dentro dos painéis e substituir por blocos/perolas de EPS a fim de se melhorar o conforto térmico e acústico dos ambientes internos e ainda reduzir o peso específico do concreto da tipologia 2.

## 5. REFERÊNCIAS

CARRION, Carlos W.; MORENO, Maria C. “Gestão integrada de empreendimentos de construção civil”. *In. XI SIMPEP* (Simpósio de Engenharia da Produção), Bauru-SP, 2004. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_11/copiar.php?arquivo=Carrion_CC_Gest%E3o%20integrada%20de%20empreendimentos%20de%20constru%E7%E3o%20civil.pdfpdf>.

Gepad-Passo Fundo. “Auxílio em TCC” – URI – Campus Frederico Westphalen. [Mensagem de auxílio contendo arquivos em anexos de projeto da CEF]. Mensagem recebida por <gepad02@caixa.gov.br>

Gihab-Passo Fundo. “Auxílio em TCC” – URI – Campus Frederico Westphalen. [Mensagem de envio de orçamento que consta no anexo A e B.]. Mensagem recebida por <gihabpf@caixa.gov.br>

INPE. “Desastres no sul”. *OBSERVATORIUM*. Publicado em: *2008*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/observatorium/desastre_sul.html>.

Junior, Ary F. apud Tamaki, L.; Rocha, A. P. “Parede de concreto moldada in loco”. *Téchne Pini*, edição 165. Publicado em: dez. 2010.

Sacht, Helena M. “Painéis de vedação de concreto moldados in loco: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos”. Dissertação de Mestrado - *UFSCAR*. São Carlos, 2008.

Santos, Altair, apud Casagrande, Fábio M. (Diretor Sudeste Pré-Fabricados). “Parede dupla de concreto potencializa industrialização”. *ITAMBÉ*. Publicado em: 17 abr. 2012.

SAURIN, Tarcisio A.; FORMOSO, Carlos T. “Planejamento de canteiro de obras e gestão de processos*”. SINAT, PBQP-H. DATec Nº 003-B – VIVER Construtora e Incorporadora S.A*. Publicado em: jun. 2015. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>.

“_____”. DATec Nº 029 – GCS – *Global Concrete Solutions do Brasil Construções LTDA*. Publicado em: março 2016. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>.

UFSC. ProjetEEE – “Projetando Edificações Energeticamente Eficientes”. Disponível em: <http://projeteee.ufsc.br/>.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV) EM ESCRITÓRIO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA

**Willian Michelin**
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
willian.spot@hotmail.com

**Darci Luiz Kuiawinski**
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
kdarci@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O setor da construção civil cresceu ao longo dos anos no Brasil gerando impactos na economia brasileira. O aumento de projetos expandiu número de escritórios especializados nessa área. O mercado está cada vez mais competitivo, levando com que as organizações executem mais projetos. Desta forma, esse trabalho aponta os principais desperdícios e a aplicabilidade do conceito* Lean *para proporcionar melhorias em um escritório de projetos de engenharia civil e arquitetura por meio da ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) com o objetivo de representar o fluxo de informações. A análise permitiu a identificação de falhas e interrupções desnecessárias ao processo, caracterizando atividades que não agregam valor sendo capaz de serem corrigidas num estado futuro.*

***Palavras-chave:*** *projetos, desperdícios,* Lean, *mapeamento de fluxo de valor (MFV)*

## 1. INTRODUÇÃO

A competitividade tem obrigado as empresas a desenvolverem métodos inovadores buscando dessa forma a satisfação e a fidelização dos seus clientes. Torna-se importante estudar alternativas que facilitam a gestão do fluxo de informações e ferramentas para melhor visualização dos processos envolvidos.

Com propósito de aumentar produtividade e a qualidade dos serviços, o principal objetivo *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta e sua derivação *lean office* é a redução de desperdícios. Assim, é importante estudar ferramentas para melhor visualização dos processos envolvidos.

O pensamento enxuto aplicado nas áreas administrativas passa a ser de vital importância, principalmente quando se constata que 60% a 80% de todos os custos envolvidos para satisfazer a demanda de um cliente são de natureza administrativa (TAPPING; SHUKER, 2010).

Com o uso correto do MFV é possível simplificar a visualização do estado atual do processo analisado, permitindo ainda o mapeamento desejado para o estado futuro, implantando as melhorias a partir da análise dos problemas identificados.

## 2. METODOLOGIA

Os procedimentos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, estão ilustrados na figura 1. O trabalho tem como foco a aplicabilidade do Lean Office em um escritório de projetos de engenharia.

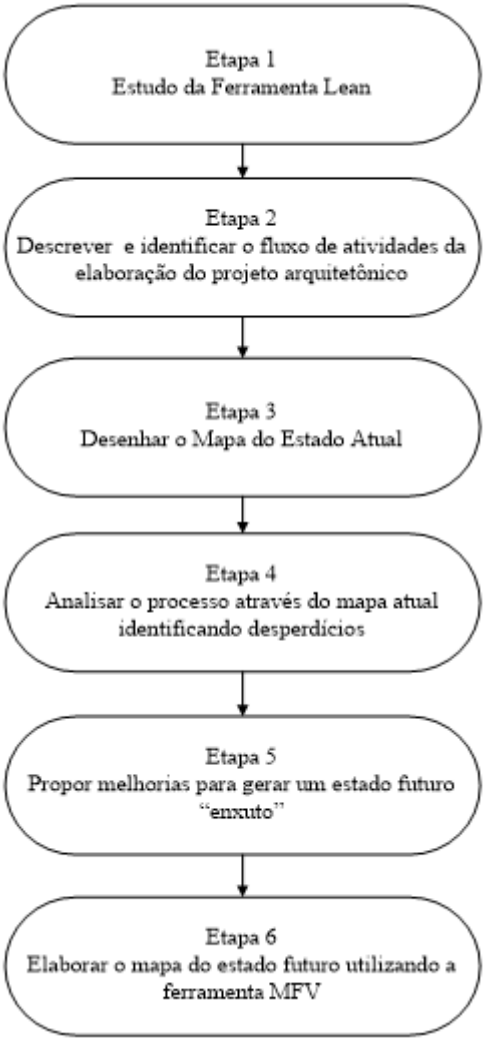



Figura 1- Método de trabalho

### 2.1 Definição do problema, justificativa e objetivo

Na primeira etapa ocorreu a definição do problema, objetivo geral e objetivos específicos, assim como a justificativa, com a utilização de livros, dissertações, artigos, obras bibliográficas;

### 2.2 Construção do Referencial Teórico do projeto

Nesta etapa procedeu-se a pesquisa do tema abordado como questão de pesquisa, relatando a teoria defendida por alguns autores.

O trabalho tem como foco a aplicabilidade do *Lean Office* em um escritório de projetos de engenharia. Se iniciará com a revisão bibliográfica, para posterior definição dos procedimentos da coleta de dados como: observação direta e análise documental.

Portanto foi tido um nível de aprofundamento médio que propiciou levantar os tópicos interligados com o tema proposto. As fontes de informações foram: livros dissertações, artigos, obras bibliográficas e internet.

### 2.3 Coleta de dados

Para o processo de coleta de dados foram realizadas entrevistas informais com os escolhidos na amostragem. Esse tipo de entrevista informal é o menos estruturado possível e só se distingue da simples conversação porque tem como objetivo básico a coleta de dados. O que se pretende com entrevistas deste tipo é a obtenção de uma visão geral do problema pesquisado.

O estudo foi realizado no escritório Stachelski e Malysz Engenharia e Arquitetura, localizado em Erechim, Rio Grande do Sul. O motivo da realização do trabalho é porque o escritório de projetos lida com uma quantidade de informações diárias as quais são responsáveis pelo prosseguimento das atividades não sendo facilmente visíveis e

mensuráveis os impactos gerados por atrasos, duplicidade, espera etc. Para isso, foram selecionados os principais tipos de desperdícios administrativos encontrados na literatura, os quais foram analisados no escritório.

Para a seleção dos entrevistados foi utilizado uma amostragem do tipo intencional, tempo como critério a atuação direta no projeto, o cargo, a relação como o projeto.

Antes do início do processo de coleta de dados, foi realizado um diagnóstico da empresa, para o entendimento da sua estrutura e para conhecimento dos seus setores e de suas atividades.

As evidências do estudo terão como base a análise o fluxo de informações de atividades do escritório, de documentos e arquivos de projetos em desenvolvimento e já concluídos pela empresa. Também na observação dos procedimentos internos, onde são anotados os dados dos contratantes e profissionais envolvidos, premissas de desenvolvimento de projeto, checklist, controle de arquivos, informações e cópias, e solicitações de serviços.

## 3. RESULTADOS E DISCUÇÕES

Este trabalho foi executado, com uma pesquisa sobre o mapeamento de fluxo de valor em escritório de engenharia e arquitetura, e teve como objetivo identificar os principais desperdícios existentes no fluxo de informações e oferecer propostas de melhorias de forma a torná-lo um fluxo mais produtivo

O fato do escritório possuir vários projetos nas diferentes fases de desenvolvimento (concepção, estudos de viabilidade, anteprojeto, projeto arquitetônico e aprovações de projeto), contribuiu para compreensão de todas as etapas do processo e seu procedimento.

### 3.1 Mapa do Estado Atual

O processo de mapeamento do estado atual é muito importante, serve de base para a análise dos desperdícios e da proposta do fluxo no estado futuro, além do planejamento das ações necessárias para atingir o mesmo.

O processo do projeto arquitetônico inicia através de uma entrevista do arquiteto com cliente para decidir como será elaborado o projeto. É apanhado o máximo de informações como, metragem da casa e cômodos, número de quartos, possibilidade de suítes, quantidade de banheiros e lavabos, área de serviço, cozinha interligada com a sala ou separada, viabilidade de sacadas e garagem, existência de área de lazer, salão de festa e piscinas entre outros.

Com os dados de como deve ser feito o projeto, arquiteto repassa para estagiário fazer a planta de situação, procedimento simples feito no software Autocad. Com o mapa da prefeitura, localiza terreno e sua quadra, indica o Norte no desenho, cota o lote em questão e a distância até esquina de acordo com a matricula do terreno (escritura). Tempo aproximado de 30 a 40 minutos.

A planta baixa é o processo mais importante do projeto. É feito estudo pelo arquiteto de como melhor projetar contendo todas exigências determinadas na entrevista. O tempo de realização de uma planta baixa depende do tamanho do projeto e também da autorização final do proprietário da obra.

Assim volta para o estagiário concluir projeto. Na planta de localização é indicado os recuos, a implantação da planta baixa no terreno, onde será a fossa, caixa de correio, entrada de água e luz, existência de árvores e outras construções. Tudo cotado para entendimento de quem irá construir. Em torno de 2 horas para realização.

Etapa seguinte, a estagiaria vai fazendo os cortes para melhor percepção da planta baixa. Apresentando o pé direito da edificação, como será o telhado da obra e detalhes construtivos. A duração desse procedimento varia com o número de cortes e detalhes demonstrados.

A fachada é a última etapa do projeto, executada pela estagiária ou arquiteto. Feita em software 3D onde cliente pode visualizar como será a edificação. É realizado com máximo de detalhes já com cores de tintas definidas pelo proprietário, escolha de telhado, definição de portas e janelas, entre outros.

Concluídos todos os processos, o proprietário é consultado para eventuais ajustes estéticos e arquitetônicos do projeto. Se necessário, as alterações solicitadas são executadas e avaliadas novamente pelo proprietário e, no caso de aval positivo, o projeto é finalizado.

Foram utilizadas as seguintes métricas Lean para apoiar a análise dos mapas: Tempo de Permanência (TP), Tempo de Valor Agregado (TVA), Tempo de Valor não Agregado (TNVA), Lead Time e Eficiência do Processo. O TP refere-se ao tempo total, em horas, que a atividade permaneceu em uma etapa antes de passar para a seguinte. Dessa forma, o TP corresponde à diferença entre o Tempo de Entrada (E) e o Tempo de Saída (S) de cada atividade, incluindo o tempo em que a informação ficou parada esperando a próxima etapa.

O desenho do mapa do estado atual da empresa pode ser visto na figura 2, indicando cada processo, responsável pela execução, ferramenta utilizada e o tempo para realização.

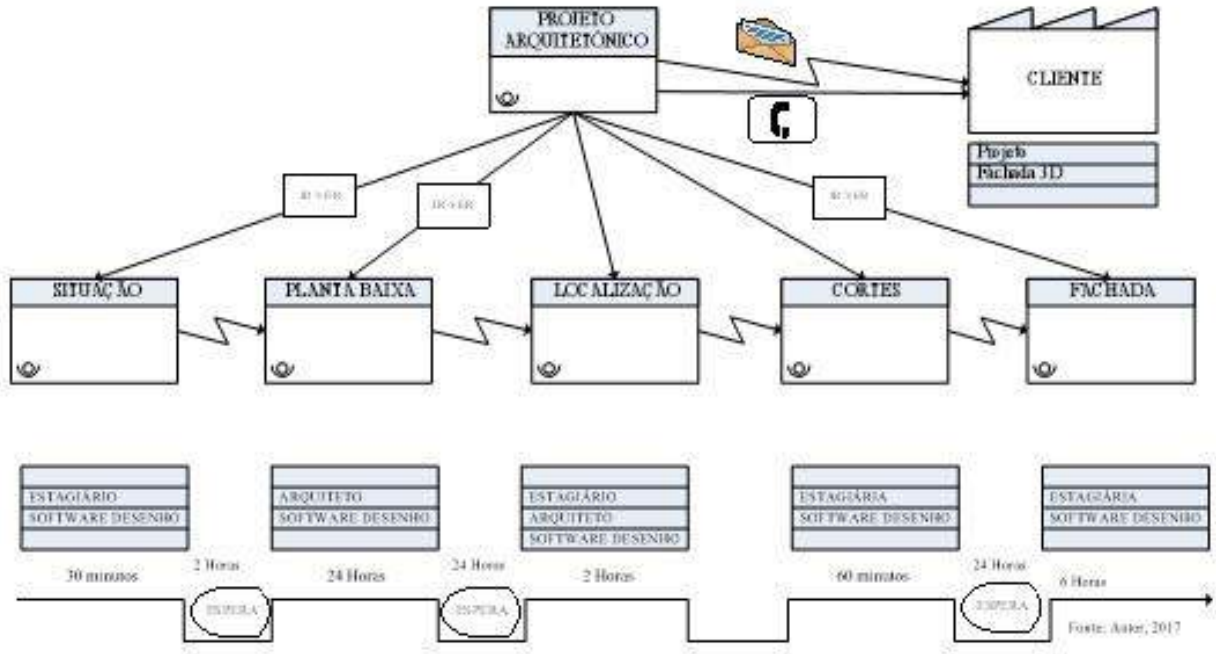



**Figura 2 –** Mapa do Estado Atual.

### 3.2 Identificação de desperdícios e elaboração do mapa do estado futuro

O projeto é realizado por vários setores da empresa, e isso ocasiona desperdícios de tempo, erros e retrabalho. Mediante análise, foram identificadas atividades onde agregam e não agregam valor da elaboração do projeto.

A visão de estado futuro é definida com base em perspectivas muitas vezes óbvias de melhorias a serem feitas, capazes de gerar fluxos de valor cada vez mais enxutos. Com o mapa do estado futuro é possível notar processos que poderão ser eliminados. O mais importante é a ação concreta na implementação dos estados futuros definidos.

O mapeamento do fluxo de valor é apenas um meio de melhorar o desempenho da empresa. A priorização da resolução dos problemas e o planejamento das ações para essas correções são etapas tão importantes como a análise do fluxo em si, para a implantação do estado futuro desejado (ROTHER E SHOOK, 2012).

Após a análise e identificação das causas geradoras de atrasos e tempos de espera que não agregam valores, foi proposto o MFV do estado futuro. Com o objetivo de validar o mapa e as propostas sugeridas, bem como o plano de melhorias. O mapa do estado futuro está representado na figura 3.

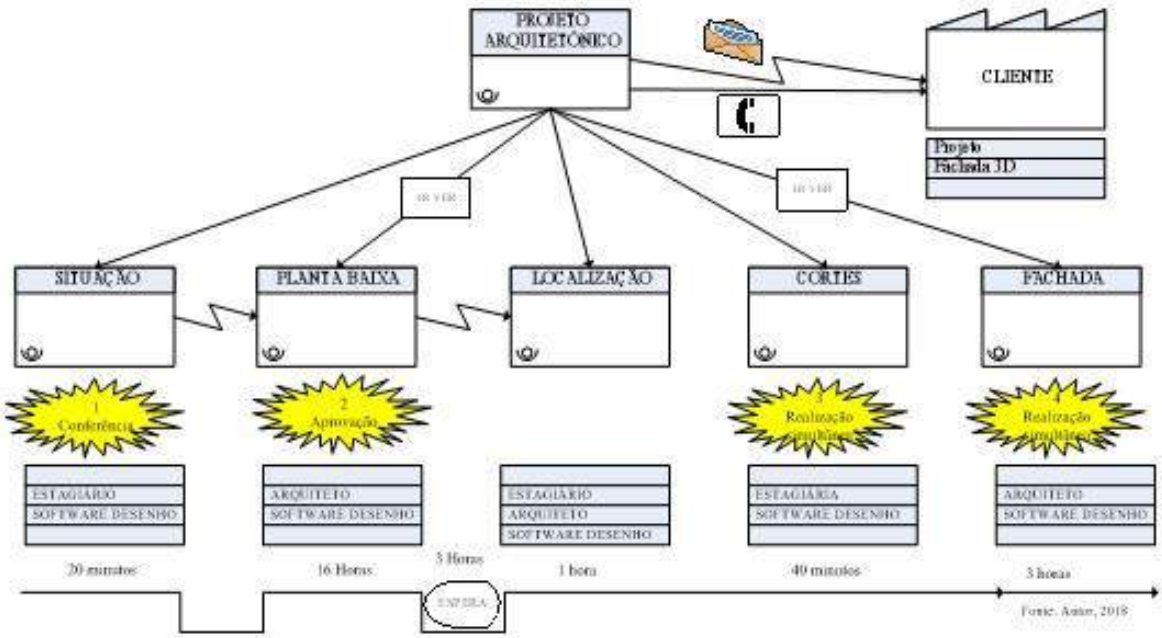



**Figura 3 –** Mapa do Estado futuro

## 4. CONCLUSÕES

Este trabalho aprofunda o conhecimento sobre a ferramenta Lean que foi importante para melhorias dos processos em ambientes administrativos. Com a alta demanda de projetos e prazos curtos, os escritórios não identificam erros que resultam em retrabalhos, falhas e atrasos. Esse método proporciona a capacidade de determinar o fluxo de informações na elaboração de projetos em escritório de engenharia civil e arquitetura agilizando o processo de conclusão do serviço. Com o aumento da competitividade na área da construção civil e a busca constante pelo menor custo de produção, as empresas viram a necessidade de ampliar seus conhecimentos e alavancar seus lucros

Através da utilização do mapeamento do fluxo de valor (MFV) é possível identificar e analisar desperdícios os quais atrasam e diminuem qualidade do serviço. Sendo identificado que os benefícios propostos pela metodologia atendem às necessidades encontradas.

Todas as dúvidas ou soluções no processo de desenvolvimento do projeto demandam muito tempo, além da grande quantidade de erros, e do tempo perdido com retrabalhos, devido as correções referentes à falta de informações iniciais.

Portanto, com os resultados obtidos, conclui-se que as possibilidades de ganho com a aplicação da ferramenta são notáveis. Assim, realizando as melhorias propostas e, principalmente, fazendo o uso contínuo dessa ferramenta, a empresa se tornará mais competitiva no mercado.

É sugerida a ampliação do estudo, mapeando-se cada atividade de todas as etapas dos serviços oferecidos no escritório para avaliar com mais certeza o processo e identificar uma quantidade maior de possíveis melhorias.

## 5. REFERÊNCIAS

BENATTI, A. et al. Lean Office: Depois do Lean Manufacturing no Chão-de-Fábrica, como tornar os Processos Administrativos tão ágeis quanto os Processos Produtivos? São Paulo: Lean Táktica Consultoria, 2007. 8 p.

CADIOLI, L. e PERLATTO, L.; Mapeamento do Fluxo de Valor. Anuário de Produção Acadêmica Docente – Vol. II, nº3, ano 2008 – p. 378COLEHO, L.; FOLLMANN, N.; RODRÍGUEZ, C.; Aumentando a percepção de valor dos seus produtos junto a seus clientes. Revista Mundo Logística, Edição 07 NOV/DEZ 2008.

HERZOG, Ana Luiza. O Escritório Enxuto. Disponível em: < https://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/0789/noticias/o-escritorio-enxuto-m0043269> . Acesso em 11 out. 2017.

McMANUS, H. L.; Product development value stream mapping (PDVSM) manual. Cambridge: The Lean Aerospace Initiative, 2005.

ROTHER, M; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2012

TAPPING, D; SHUKER, T. Value stream management for the lean office. Productivity Press. New York, United States, 2003.

## 6. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia de Produção:

# Ergonomia e Segurança do Trabalho

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS REBA E *CHECKLIST* DE COUTO NO VEÍCULO BAJA

**Tainara Volan**
**Alessandra Taís da Costa**
**Roberta Neumeister**
**Renata Rech de Souza**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
tainaravolan@gmail.com; renatarechdesouza@gmail.com; alee_tais_f@hotmail.com; robertaneumeister@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Criada pela Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE), a competição Baja SAE consiste em um desafio aos estudantes de engenharia, onde estes devem projetar e construir um veículo off-road. O objetivo principal do projeto é possibilitar a aplicação prática do conhecimento adquirido academicamente. Nesta competição, são avaliados diversos critérios e entre eles estão as avaliações ergonômica e de segurança. Dessa forma, o presente estudo visa realizar uma avaliação ergonômica utilizando ferramentas de ergonomia no veículo baja da equipe URI Baja Team da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim. Para isso, será realizada a aplicação das técnicas REBA e Checklist de Couto no veículo baja analisado, com o propósito de comparar os resultados e levantar discussões sobre os métodos em uso e possíveis melhorias a serem implementadas no veículo. A partir disso, foram identificados problemas na avaliação postural do piloto, apresentando angulações não recomendadas considerando os esforços e atividades realizadas, bem como apontamentos acerca de melhorias necessárias para a saúde e bem-estar físico do piloto da equipe.*

***Palavras-chave:*** *análise ergonômica, veículo baja, REBA, Checklist de Couto*

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo como objetivo proporcionar a estudantes a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos academicamente, além da sua preparação para o mercado de trabalho, o Programa Baja SAE foi criado na Universidade da Carolina do Sul, Estados Unidos, sob a direção do Dr. John F. Sthevens, tendo sua primeira edição realizada em 1976. O ano de 1991 marcou o início das atividades da SAE Brasil, que em 1994 lançava o programa Baja SAE BRASIL. A etapa nacional ocorre anualmente no estado de São Paulo, onde os três primeiros colocados participam da etapa mundial da competição. Além da competição nacional, a SAE Brasil apoia também a realização de eventos regionais (SAE BRASIL, 2018a).

A competição tem como finalidade o projeto e desenvolvimento de um veículo *off-road* destinado ao setor produtivo e, neste sentido, diversos aspectos são considerados. A disputa consiste em provas estáticas e dinâmicas que têm como objetivo avaliar as competências de cada projeto. Entre os elementos avaliados estão aspectos técnicos, funcionais e ergonômicos do veículo. A disputa possibilita aos participantes a aplicação dos conhecimentos teóricos na prática, construindo um veículo *off-road* que suporte condições de um terreno acidentado (BERTOLACCINI, G. S. et al, 2016).

A parte estática consiste na avaliação do relatório do veículo, apresentação do projeto e inspeção de segurança. Já as avaliações dinâmicas envolvem fatores relativos à frenagem, aceleração, velocidade máxima, tração, suspensão, dirigibilidade e o enduro de resistência, no qual abarcam critérios de fatores de usuário (IKEDA et al, 2011).

Entre as avaliações realizadas, apresenta-se o enduro de resistência, a qual consiste em uma prova de regularidade realizada num percurso de estrada, tendo uma duração de quatro horas. Durante este período não há troca de piloto, sendo que este é submetido à exigência de grande esforço e resistência física para se manter apto a controlar o veículo ao longo de todo o percurso. Desse modo entende-se que a inserção de preceitos ergonômicos no projeto do veículo poderá amenizar eventuais dores e desconfortos acarretados pela natureza da competição do enduro (SILVA et al, 2013).

Quando as condições ergonômicas são inadequadas para um condutor de veículo, as mesmas podem influenciar no desempenho devido aos níveis de desconforto. No veículo baja, o condutor executa movimentos repetitivos de pequena amplitude que exigem esforços devido à mecânica do veículo (IKEDA et al, 2011).

Apesar da importância da ergonomia na competição, há uma escassez de estudos no que diz respeito à ergonomia ou o conforto e desconforto nesta categoria. Silva *et al* (2013) desenvolveram estudos antropométricos de um carro de competição, com o uso da avaliação ergonômica tendo em conta percentis que representam os extremos da população. Já Ikeda *et al* (2011) analisaram o desconforto percebido nos condutores do veículo. Bertolaccini *et al* (2016) avaliaram a atividade muscular e movimentos do piloto, os quais apontaram mudanças no projeto do veículo que evitariam sobrecargas biomecânicas no piloto.

Frente aos aspectos levantados pelos autores citados anteriormente, o presente trabalho tem como objetivo o estudo do ponto de vista ergonômico da posição do piloto no carro de competição da equipe URI Baja Team. Dessa forma, busca-se o diagnóstico de pontos críticos do piloto quanto à acomodação no veículo no que diz respeito às suas relações dimensionais para uma possível correção de má postura e posicionamento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Ergonomia aplicada aos automóveis

O automóvel é um dos principais meios de transporte na sociedade, tanto para trabalho quanto para lazer. Sendo este um instrumento de suma importância, é alvo de estudos da ergonomia, assim como sua interação com o homem. Definindo o princípio da ergonomia, seu projeto deve atender às necessidades e características dos usuários (CHARLEAUX, 2010).

Segundo Rozestraten (2006), os primeiros veículos fabricados eram abertos e o condutor ficava exposto à intempéries e acidentes. No século XX, houve a introdução de carrocerias nos veículos, sendo esta a primeira ação de ergonomia com o intuito de aplicar melhorias na máquina de modo a favorecer o conforto e segurança do condutor. Com o passar do tempo novas tecnologias foram implantas como o uso de espelhos retrovisores, marcadores de velocidade, temperatura do motor, nível de combustível entre outros (IIDA, 2005).

Para o projeto de interiores de veículos faz-se necessária a combinação das dimensões máximas e mínimas do corpo humano, pois tanto os homens como as mulheres os utilizam. Para realizar essa etapa de projeto faz-se necessário o uso da antropometria, a qual estuda as dimensões físicas corporais (altura, forma, força, etc), possuindo como objetivo a obtenção de medidas representativas da população em geral, as quais servem como referência em projetos de produtos de ambientes e uso coletivo (SANTOS, 2015).

As medidas antropométricas servem como base para o dimensionamento de postos de trabalho, que além disso também considera o comportamento dos usuários e as exigências de movimentos necessários para a execução da tarefa (GRANDJEAN, 2005).

Para que o ambiente de um veículo seja considerado confortável, são necessários ajustes no volante, assento, cinto de segurança, entre outros (IIDA, 2005). E seguir padrões de ângulos, os quais são demonstrados na Fig. 1 (TILLEY, 2005).

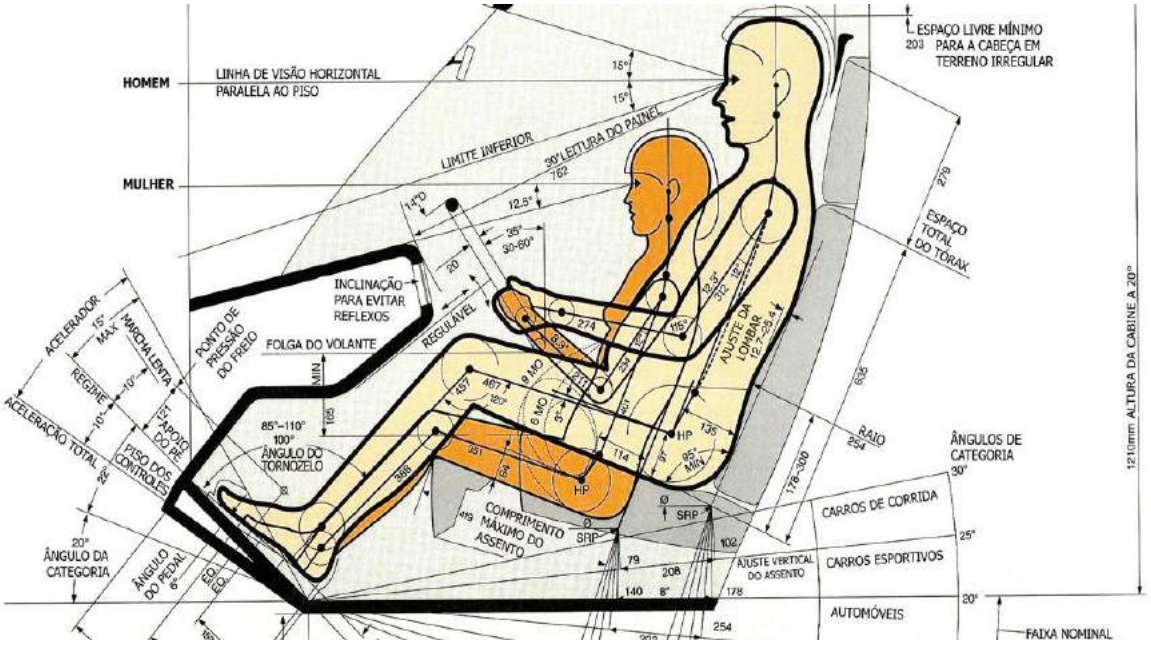



Figura 1. Combinação de dimensões
Fonte: Tilley (2005)

Segundo Iida (2005), a postura do assento é uma das condições mais estudadas pela ergonomia, sendo que o estudo é realizado a partir de parâmetros biomecânicos e percepção de esforço. Nesta posição, um indivíduo apoia o corpo principalmente na proeminência óssea da bacia, onde encontra-se 75% do peso. No entanto, a coluna também exige apoio adequado e bem distribuído por toda a superfície de contato com o encosto. Estudos de Kroemer & Grandjean (2006) comprovam que a posição sentada gera mais pressão nos discos invertebrais, sendo estes responsáveis pela absorção de impacto e mobilidade de algumas vértebras (Bittar et al. 2011).

Por conta disso, recomenda-se que o estofamento do assento não seja muito duro, nem muito macio. Caso seja muito duro, poderá causar um desconforto e dores na região das nádegas, e se for muito macio, não permite um apoio adequado. Dessa forma, Iida (2005) recomenda um estofado pouco espesso, de 2 a 3 cm, colocado sobre uma base rígida, que não se afunde com o peso do corpo, ajudando assim a distribuir a pressão e proporcionando maior estabilidade ao corpo e reduzindo o desconforto e a fadiga.

## 3. METODOLOGIA

O presente estudo refere-se a um estudo de caso, os quais considera ações *in loco*. Desse modo, o estudo foi desenvolvido a partir da coleta de dados estabelecidos na bibliografia utilizada. Para este estudo de caso, contou-se com a participação de um dos pilotos da equipe da Universidade URI-Erechim, sendo que este indivíduo apresenta 20 anos de idade, 70 kg de peso e 1,70 m de altura.

A demanda requerida pelo piloto é a realização do percurso da prova de forma a não comprometer sua saúde física. O funcionamento da atividade é determinado pela SAE Brasil, que o disponibiliza em forma de regulamento onde constam alguns obstáculos que possam servir como referências mínimas a serem consideradas no projeto do veículo baja, sendo estes (SAE BRASIL, 2018b):

- Aclives com 100% de inclinação (45º) e 5 metros de comprimento;
- Travessias rasas de água e lama de 0,3 metros de profundidade;
- Troncos com 0,4 metros de diâmetro;
- Curvas com raio mínimo de 3,5 metros (medido a partir do centro do veículo).

O veículo a ser fabricado deve atrair consumidores pelo seu visual, desempenho e facilidade de operação e manutenção; deve ter no mínimo quatro rodas; possibilitar o transporte de uma pessoa com até 1,90 m de altura, pesando 109 kg; apresentar largura máxima de 1,62 m no ponto mais largo do veículo; o comprimento é irrestrito, no entanto, se o veículo ultrapassar 2,75 m poderá não conseguir realizar algum percurso; ter capacidade de ser conduzido com segurança sobre terreno com obstáculos incluindo pedras, areia, troncos de árvores, barro, entre outros obstáculos (SAE BRASIL, 2018b).

### 3.1 Método REBA

O Método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), que em sua tradução para o português significa Avaliação Rápida do Corpo Inteiro foi proposto por Sue Higrnett e Lynn McAtammney, publicado em uma revista especializada, *Applied Ergonomics*, no ano de 2000 (ALMEIDA, 2007). Segundo os autores, Hignett e McAtmney (2005), o método permite a análise das posturas adotadas no trabalho, de forças aplicadas, de tipos de movimentos ou ações realizadas, atividade muscular, trabalho repetitivo e o tipo de pega adotada pelo trabalhador ao realizar o trabalho. O método REBA também permite avaliar posturas estáticas e dinâmicas e, ainda, mudanças bruscas ou inesperadas na postura. Este método divide o corpo em segmentos para serem codificados individualmente e avalia tanto os membros superiores, como o tronco e pescoço, e os membros inferiores (DIEGO-MÁS, 2007). O método ainda orientará o avaliador sobre a necessidade ou não de planejar ações corretivas sobre determinadas posturas. De outra parte, as pontuações individuais obtidas para os segmentos corporais, a carga, o agarre e a atividade, poderão guiar o avaliador sobre os aspectos com maiores problemas ergonômicos, a fim de implantar medidas preventivas.

O Método REBA é calculado segundo um questionário que analisa a posição do pescoço, tronco e pernas, cargas, braço, antebraço e punho, pega e atividade. Dessa forma, são apresentados como resultados a necessidade ou não de intervenções, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Resultados do Método REBA
Fonte: Adaptado de Almeida (2007)

| Pontuação | Significado | Intervenção |
|---|---|---|
| **1** | Risco Insignificante | Não é necessária |
| **2 ou 3** | Risco baixo | Pode ser necessária |
| **4 a 7** | Risco médio | Necessária |
| **8 a 10** | Risco alto | Necessária o quanto antes |
| **11 ou mais** | Risco muito alto | Necessária imediatamente |

De acordo com a pontuação obtida, tem-se um significado e posteriormente uma intervenção a ser tomada. A intervenção varia de acordo com a pontuação, podendo apresentar a não necessidade de intervenção até o extremo de ações imediatas.

### 3.2 *Checklist* de Couto

Em 1995, Couto (1995) elaborou um *checklist* composto por perguntas relacionadas às características do trabalho como a sobrecarga física, os níveis de força aplicados com as mãos, o posto de operação, a postura, o esforço estático, a repetitividade, a organização e as ferramentas utilizadas, as questões estão presentes na seção de Resultados e Discussões. As perguntas de desqualificação estão descritas a seguir:

- Esforço nítido, com mãos, braços ou colunas, aplicando força extrema ou tendo que ser feito aos arrancos ou usando marreta?
- Levantamento ou carregamento individual de algum peso superior a 25 kg?
- Alguma postura forçada ou desvio postural extremo que choca o analista pela posição muito errada de algum segmento corpóreo?
- Tronco predominantemente encurvado durante a atividade e jornada?
- Posição sentada em cadeira muito ruim ou em posto de trabalho com desvios muito forçados?
- Alto nível de ruído, calor, vibração ou algum outro fator acima dos níveis de ação – NA – da Higiene Ocupacional?

O questionário tem como opções de respostas: “sim” ou “não”. O resultado é dado em escala, sendo que de 11 a 13 pontos a condição biomecânica é excelente, de 8 a 10 pontos considera-se uma boa condição biomecânica, 6 a 7 pontos condição biomecânica razoável, de 4 a 5 pontos uma condição ruim e menos de 4 pontos, uma condição péssima.

É válido ressaltar que o *Checklist* de Couto é baseado na biomecânica, que é o estudo da mecânica nos organismos vivos. Fatores biomecânicos são os movimentos e posições (mecânica) realizada pelo corpo (bio). Conforme citado em Melo et al (2016), a má postura, movimentos repetitivos de inclinação para frente do corpo, carregar um peso errado, muito esforço físico, ficar sentado em uma cadeira por muito tempo, são reconhecidos por muitos pesquisadores como os principais causadores da disfunção e de dores na coluna.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisou-se a postura do piloto de forma estática no veículo baja, conforme a Fig. 2. Com a imagem do piloto, traçou-se algumas dimensões que podem ser comparadas com a Fig. 1 de Tilley (2005).

Figura 2. Piloto da equipe URI Baja Team
Fonte: Os autores

A angulação do joelho se demonstra um pouco menor do que a medida orientada por Tilley (2005). Atualmente ela se encontra em 114,9° e o correto seria uma angulação de 120°. Salienta-se que, caso a altura do piloto, que é de 1,70 m, fosse 1,90 m, a angulação seria menor ainda, afetando ainda mais a posição do piloto. O ângulo do cotovelo está em 124,1°, sendo que o recomendado é aproximadamente 115°. Analisando o ângulo recomendado do tornozelo, este

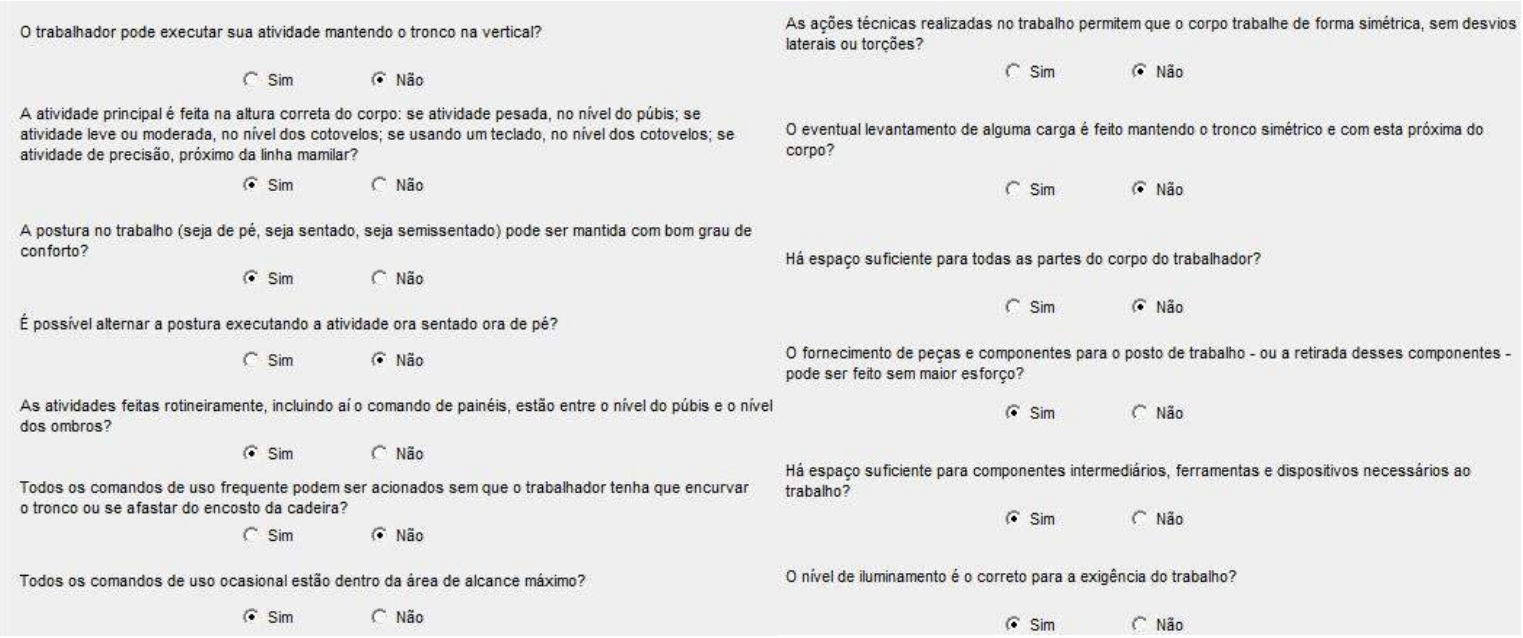
refere-se à um valor entre 85° e 110°. No caso analisado, tem-se um valor de 124,3°, o que se considera um pouco acima do recomendado.

Segundo orientações da SAE o assento deve ser projetado para a posição sentada vertical, definida pelo ângulo entre o torso do piloto e uma linha horizontal, que deve ser maior que 65º, como referência uma posição totalmente vertical possuiria um ângulo de 90º. O banco deve possuir duas superfícies (encosto e assento) aproximadamente planas. Quando o piloto estiver sentado no veículo, a superfície do encosto deve ser inclinada entre 65º e 90º em relação à horizontal quando vista de lado (SAE, 2018b.). Tal orientação da SAE é cumprida, já que a angulação está em 72,3°.

Para a análise com o método REBA, utilizou-se imagem anteriormente citada. Deu-se início com a avaliação do pescoço, tronco e pernas. Avaliando para cada um dos itens específicos, considerou-se pescoço e tronco em extensão, como também um suporte nas pernas, ou seja, sentado com flexão nos joelhos maior que 60 graus.

Para o item carga, considerou-se um valor entre 5 e 10 kg devido à força que o piloto deve fazer para guiar o veículo baja. Para o item titulado como braço, antebraço e punho, avaliou-se para cada item o braço, sendo este entre 20 e 45 graus; o antebraço entre 60 e 100 graus; e o punho com uma variação de 15 graus para cima ou para baixo, sendo que o punho está desviado da linha neutra ou rotacionado. A pega é considerada boa, já que o piloto faz uso do volante. Quanto à atividade, a mesma é considerada como instável, com grandes mudanças posturais resultantes das provas da competição. O resultado da avaliação com o método REBA, resultou numa pontuação final de 7, o que indica um risco médio, sendo necessária uma intervenção.

Para a análise da aplicação do *Checklist* de Couto iniciou-se pelos itens de desqualificação, o qual três respostas tiveram a opção "sim", pois identifica-se o esforço nítido com as mãos, braços e colunas, durante a direção do veículo Baja há desvios forçados e há também um alto nível de ruído, calor e vibração. O restante do *checklist* foi resolvido ouvindo as respostas feitas ao piloto e analisando a imagem já citada. Na Fig. 3 é possível ver as respostas dadas ao *Check list* de Couto.


O trabalhador pode executar sua atividade mantendo o tronco na vertical?
○ Sim ◉ Não

A atividade principal é feita na altura correta do corpo: se atividade pesada, no nível do púbis; se atividade leve ou moderada, no nível dos cotovelos; se usando um teclado, no nível dos cotovelos; se atividade de precisão, próximo da linha mamilar?
◉ Sim ○ Não

A postura no trabalho (seja de pé, seja sentado, seja semissentado) pode ser mantida com bom grau de conforto?
◉ Sim ○ Não

É possível alternar a postura executando a atividade ora sentado ora de pé?
○ Sim ◉ Não

As atividades feitas rotineiramente, incluindo aí o comando de painéis, estão entre o nível do púbis e o nível dos ombros?
◉ Sim ○ Não

Todos os comandos de uso frequente podem ser acionados sem que o trabalhador tenha que encurvar o tronco ou se afastar do encosto da cadeira?
○ Sim ◉ Não

Todos os comandos de uso ocasional estão dentro da área de alcance máximo?
◉ Sim ○ Não

As ações técnicas realizadas no trabalho permitem que o corpo trabalhe de forma simétrica, sem desvios laterais ou torções?
○ Sim ◉ Não

O eventual levantamento de alguma carga é feito mantendo o tronco simétrico e com esta próxima do corpo?
○ Sim ◉ Não

Há espaço suficiente para todas as partes do corpo do trabalhador?
○ Sim ◉ Não

O fornecimento de peças e componentes para o posto de trabalho - ou a retirada desses componentes - pode ser feito sem maior esforço?
◉ Sim ○ Não

Há espaço suficiente para componentes intermediários, ferramentas e dispositivos necessários ao trabalho?
◉ Sim ○ Não

O nível de iluminamento é o correto para a exigência do trabalho?
◉ Sim ○ Não

Figura 3. *Check list* de Couto
Fonte: Os autores

O somatório de pontos utilizando a *Checklist* de Couto foi de 7, o que se classifica como condição biomecânica razoável. No entanto, há alguns itens que sofrem desqualificação, o que caracteriza a atividade em questão como uma condição ergonômica ruim. Dessa forma, faz-se necessária a tomada de ações que visem mudanças no posicionamento.

## 5. CONCLUSÕES

Em diversas áreas se faz necessário o entendimento acerca dos mecanismos de defesa da fadiga muscular e, consequentemente, dos distúrbios posturais. A longa duração da prova de enduro, na qual o piloto deve manter-se sentado durante quatro horas, já a torna exaustiva e dolorosa. Isso acaba se agravando pelas condições do carro e do terreno acidentado em que ocorre a etapa de enduro. A atividade de postura estática durante essas quatro horas associada a esforços realizados durante a prova, ao desconforto provocado pela pista com declives e a obstáculos podem ser fatores desencadeadores de dores em diversas áreas do corpo.

De acordo com a avaliação postural dos métodos pode-se constatar que todos indicam a necessidade de uma melhoria na ergonomia do veículo baja analisado. Apesar destes métodos não serem totalmente eficazes nesta aplicação por não permitirem a análise de outros fatores como riscos ambientais, por exemplo, os mesmos identificam a gravidade da postura sugerindo a tomada de providências, o que é de suma importância para a saúde e bem-estar físico do piloto.

Desse modo sugere-se como estudo futuro uma abordagem mais acurada em relação às melhorias do assento do veículo baja, bem como de uma avaliação quantitativa referente à vibração que o piloto absorve, proveniente do movimento do veículo. Também sugere-se que, para aliviar a diferença da angulação do cotovelo do piloto acima com as medidas pregadas por Tilley (2005), deve-se realizar uma mudança na posição do volante, de modo que as angulações tornem-se adequadas conforme literatura citada no estudo. Outra sugestão de estudo é quanto a angulação do joelho, já que as pernas do piloto encontram-se dobradas além do recomendado. Considerando que os circuitos são elaborados para um veículo Baja com medida de comprimento de 2.75m e que acima disto dificulta o percurso, uma possível solução seria a elevação do banco em relação ao assoalho, o que beneficiaria a segurança em caso de acidente.

O projeto Uri Baja Team pode ser aperfeiçoado em vários quesitos quanto a segurança e ergonomia como demonstrados neste estudo. A quantidade de mudanças não é grande, porém as consequências destas em uma prova de enduro em que somente um único piloto por muito tempo em terreno irregular, é notável pelo mesmo. As restrições do regulamento impedem que algumas mudanças sejam realizadas, mas as soluções propostas visam, além do conforto, evitar lesões no piloto no decorrer da competição.

## 6. REFERÊNCIAS

Almeida, W. A., 2007. "Utilização do método Rapid Entire Body Assessment (REBA), associado a diagrama de localização de sintomas e aspectos organizacionais do trabalho, para avaliação de riscos ocupacionais em funcionários da Rádio Rural de Santarém.". Pós-graduação em Fisioterapia Traumatoortopédica com ênfase em Terapia Manual – Ávila.

Bertolaccini, G. S., *et al.*, 2016. "Avaliação da influência de 2 diferentes veículos baja na atividade muscular e movimentos do piloto: um estudo de caso." *1º CONAERG – Congresso Internacional de Ergonomia Aplicada.*

Bittar, R. S. M. P., *et al.*, 2011. "Síndrome Cervical Proprioceptiva: considerações a respeito de um caso." *International Archives of Otorhinolaryngology, vol 2.*

Charleaux, V., 2010. " Ergonomia e postura em automóveis: aplicação em motoristas de testes de uma indústria automobilística". Faculdade Anhanguera de Taubaté.

Couto, H. A., 1995. "Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana." *Editora Ergo, vol. 1, 382 p.* Belo Horizonte.

Diego-Mas, J. A., Cuesta, S. A. 2007. "NIOSH (NATIONAL INSTITUTE for OCCUPATIONAL SAFETY and HEALTH)." :< http://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php >.

Grandjean, E., Kroemer, K. H. E., 2005. "Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem." *Artmed, 5 edição.* Porto Alegre.

Hignett, S., Mcatamney, L., 2005. "Rapid Entire Body Assessment (REBA)." *Applied Ergonomics.*

Ikeda, A. Y. Paschoarello, L. C., Deganutti, R., 2011. "Desconforto percebido em condutores de veículos baja – Parâmetros para o design ergonômico do assento." *VI Congresso Internacional de Pesquisa em Design – CIPED.* Lisboa.

Itiro, Iida. 2005. "Ergonomia: Projeto e Produção" 2ª edição revista e ampliada. São Paulo: Edgard Blucher..

Kroemer, K. H. E., Grandjean, E., 2006. "Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem." *Bookman.* Porto Alegre.

Rozestraten, R. J. A., 2006. "Ergonomia veicular do século XX." *Revista Pesquisa e Trânsito.* Campo Grande.

Melo, B. V. F.; Ferreira, T. M.; Machado, T. S.; Neto, O. N. N. A análise da atividade aplicada a um hotel de pequeno porte: uma visão sobre a utilização de ferramentas ergonômicas. TCC – Graduação em Engenharia de Produção. UniFoa – Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2016.

SAE BRASIL., 2018a. "Histórico" http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil. 17 de abril de 2018.

SAE BRASIL., 2018b. "Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil" .

Santos, A. B. dos., 2015. "Estudo Ergonômico do veículo BAJA do Centro Universitário UNIVATES." *Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso* - Lageado.

Silva, D. da, Plentz, B. P., Sala, S. M. F., Merino, E. A. D., 2013. "A Ergonomia na Identificação dos Aspectos Dimensionais Críticos: O Estudo Antropométrico de um Carro de Competição BAJA SAE".

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# APLICAÇÃO DA ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO AO CARGO DE AUXILIAR DE PRODUÇÃO DO SETOR DE EMPACOTAMENTO DE UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

**Julia Maria Burin**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim
juliam.burin@gmail.com

**Kássia Raquel de Almeida**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim
kassiar.dealmeida@gmail.com

**Taise Sychocki**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim
taisesychocki@hotmail.com

**Roberta Neumeister**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim
roberta.neumeister@uricer.edu.br

***Resumo:*** *Na última década o tema Ergonomia e Segurança do Trabalho ganhou muito espaço dentro das organizações. Tendo conhecimento desta importância, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de relatar a aplicação da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) a um posto de trabalho de uma indústria do ramo alimentício, fazendo uso do software Jack Simulation. Por meio da utilização deste software foi possível analisar determinados movimentos realizados pelos operadores que realizam aquela função em sua rotina de trabalho e avaliar os impactos destes movimentos à postura do operador pelo método OWAS. Concluiu-se, por meio da utilização do método OWAS, que não há nenhum movimento realizado no processo estudado que represente risco elevado e imediato à saúde do operador envolvido na função estudada.*

***Palavras-chave:*** *Análise ergonômica do trabalho; Jack Simulation; NR 17.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em um ambiente de trabalho, acidentes nem sempre são associados a quedas e incidentes com equipamento. O trabalho com movimentos repetitivos ou que exige elevado nível de esforço influencia diretamente no surgimento de dores e desconfortos corporais (PEREIRA; PERALTA, 2017). Por meio da ergonomia é possível identificar quais são os maiores riscos e quais os setores que demandam maior atenção dentro de uma empresa, riscos ergonômicos estes, que podem ser encontrados em diversos campos de trabalho envolvendo o trabalhador em seu ambiente e rotina diária (IIDA, 1997). A análise ergonômica do trabalho (AET) possibilita a identificação, diagnóstico e elaboração de medidas para solucionar problemas ergonômicos que afetam a saúde e o desempenho do trabalho humano (MARTINS *et al.*, 2016).

Neste contexto, o presente trabalho será executado em uma empresa do ramo alimentício, avaliando o processo de empacotamento dos produtos acabados. A operação estudada é realizada em empacotadoras, sendo um operador de produção responsável pela operação da máquina e auxiliares de produção realizando as demais atividades que compõem o processo. As atividades que serão destacadas neste trabalho são aquelas realizadas pelos auxiliares de produção, com a finalidade de verificar se o processo estudado atende aos requisitos da Norma Regulamentadora 17 (NR17) e se, quando executadas pelos operadores, as atividades apresentam algum tipo de risco ergonômico.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Iida (1992) define a ergonomia como o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Ela se aplica ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com objetivo de melhorar a segurança, a saúde, o conforto e a eficiência no trabalho (IIDA, 1998). No Brasil, as disposições gerais da legislação sobre Ergonomia, estão incluídas na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), e em 1978 foram aprovadas as Normas Regulamentadoras relativas à Segurança do Trabalho, através da Portaria 3214/78 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 1990).

A NR 17 regulamenta e estabelece parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 1990). Esta norma é essencial para que problemas para a empresa e o trabalhador sejam evitados, visto que grande parte das doenças de trabalho são desenvolvidas a partir da exposição ao risco ergonômico pelos trabalhadores. São exemplos: trabalhos realizados em pé durante um longo tempo; lesões por esforço repetitivo (LER); levantamento de cargas e monotonia (INBEP, 2017).

Segundo Souza (2017) mesmo existindo uma norma regulamentadora para assegurar as condições de trabalho, ainda assim o Brasil é a quarta nação do mundo que mais registra acidentes durante atividades laborais, atrás apenas da China, Índia e Indonésia. De acordo com o Ministério da Fazenda, entre 2012 e 2016, foram registrados 3,5 milhões de casos de acidente de trabalho em 26 estados e no Distrito Federal. Esses casos resultaram na morte de 13.363 pessoas e geraram um custo de R$ 22,171 bilhões para os cofres públicos com gastos da Previdência Social, como auxílio-doença, aposentadoria por invalidez, pensão por morte e auxílio-acidente para pessoas que ficaram com sequelas.

Na indústria alimentícia, dados apontam a ocorrência de em torno de 42.000 acidentes por ano (LOUREDO, 2017). Segundo Coelho (2017), grande parte desses acidentes ocorrem pelo fato de que trabalhadores de indústrias de alimentos estão expostos a muitos perigos, como cortes de facas, quedas, exposição a doenças infecciosas e produtos químicos, além de exercerem muitas atividades repetitivas.

Bezerra e Borba (2009), afirmam que atividades repetitivas, assim como todas as outras atividades da indústria, devem ser cuidadosa mente analisadas e melhoradas. Os profissionais da área de Segurança do trabalho destacam que as atividades repetitivas e prolongadas tendem a aumentar a monotonia, diminuir o nível de excitação do cérebro e geram uma diminuição geral das reações do organismo. Barreira (1994) destaca ainda que tarefas manuais repetitivas que concentram a solicitação física em mãos, braços, ombros e região cervical apresentavam uma maior ocorrência de LER (lesão por esforço repetitivo) em mãos e pulsos independente de variáveis como idade, sexo, tempo de serviço na mesma tarefa e tipo de indústria.

Segundo Silva et al. (2013), que realizou a análise ergonômica do trabalho em uma multinacional do setor calçadista, a AET (Análise Ergonômica do Trabalho) é de suma importância. Além de avaliar o processo produtivo, com todas as variáveis que o mesmo engloba como o trabalhador, também possibilita a observação do quanto as ferramentas utilizadas para essa análise auxiliaram na identificação de pontos cruciais que estavam causando os problemas ergonômicos na empresa. Ainda segundo o autor, a importância de uma análise ergonômica do trabalho não está limitada apenas a saúde do trabalhador, mas também a outros elementos que envolvem a melhoria dos processos.

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa pode ser classificada como estudo de caso, visto que será estudado um problema de uma unidade específica, com a intenção de propor melhorias. O estudo envolve pesquisa bibliográfica, observação e análise do problema, incluindo levantamento de dados que permitam a compreensão do mesmo. A pesquisa possui caráter descritivo pois identifica e descreve características dos postos de trabalho, procurando apontar as relações entre estes e a NR 17.

Para conhecimento do processo foram utilizados alguns documentos disponibilizados pela empresa, sendo: (i) o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA); (ii) o Procedimento Operacional Padrão (POP) do setor em estudo e (iii) um procedimento já obsoleto, com data de 2014, que não é mais utilizado oficialmente pela empresa mas que descreve de forma mais detalhada a operação realizada pelos funcionários. Para o presente estudo, foi analisado o cargo de auxiliar de produção, cuja principal tarefa é colocar pacotes dentro de caixas de papelão, passar as caixas por uma máquina seladora e paletizá-las.

Foi utilizado o software Jack Simulation da Siemens para desenho do layout estudado e simulação da realização das atividades realizadas pelo operador cuja função será estudada. Com o uso do software é possível dimensionar figuras humanas que são antropométricas, com um conjunto abrangente de ferramentas de análise ergonômica, posicionando os principais métodos de setor para simular condições de tarefa com rapidez, com um campo amplo de visão, sendo possível a filmagem e captura de tela para documentação.

Por meio do software, avaliou-se as condições posturais dos movimentos realizados pelo operador, considerando os critérios do Método OWAS. O método em questão é um método de análises posturais que leva em consideração para sua análise a posição do dorso, braços, pernas e também a carga que está sendo levantada. O critério de avaliação se divide em 4 classes gerais:

**Classe 1** – Postura normal – dispensa cuidados.

**Classe 2** – Postura que deve ser monitorada nas revisões dos métodos de trabalho.

**Classe 3** – Postura que merece atenção em curto prazo.

**Classe 4** – Postura que merece atenção imediata.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa em questão se trata de uma indústria de alimentos fabricante de doces, sendo que o processo estudado é o empacotamento dos produtos acabados da mesma. A operação estudada é realizada em 8 máquinas empacotadoras, sendo que para cada máquina há um operador de produção, responsável pela operação da máquina, e auxiliares de produção realizando as demais atividades que compõem o processo. As atividades que são o foco deste trabalho são aquelas realizadas pelos auxiliares de produção.

A empresa possui o PPRA, o qual descreve as atividades do cargo citado como "auxiliar em todas as atividades dos processos produtivos, sendo responsável pelo apoio geral da linha em que está atuando, prezando pela segurança, qualidade e legalidade do produto". O mesmo documento apresenta que o risco a que estes funcionários estão expostos é o risco físico de ruído, para o qual são disponibilizados os Equipamentos de Proteção Individual (EPI), sendo: protetor auricular e calçado de segurança biqueira de aço.

O POP disponibilizado pela empresa descreve as etapas do processo de empacotamento. As etapas em que há envolvimento das atividades realizadas pelos auxiliares de produção estão representadas na Figura 1.

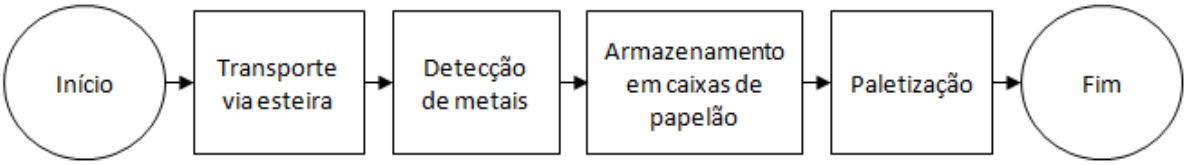



Figura 1: Sequenciamento das etapas realizadas pelos auxiliares de produção

O POP descreve que o produto já empacotado é transportado por uma esteira acoplada a um detector de metais, cuja função é expulsar produtos que possam conter partículas metálicas. Após passar pelo detector de metais, os pacotes são acondicionados manualmente pelos auxiliares de produção em caixas de papelão, na quantidade de pacotes especificadas na ordem de produção daquele item. A caixa é fechada e passa por uma seladora, que passa fita adesiva dos dois lados da mesma. Por fim, a caixa é pesada em uma balança industrial e colocada em um palete, acumulando o número total de caixas conforme quantidade especificada por cada produto.

Ainda referente aos documentos disponibilizados pela empresa, um documento obsoleto chamado Padrão Técnico Operacional de Auxiliar de Balança, do ano de 2014, descreve:

**Objetivo:** Padronizar as funções do auxiliar de balança;

**Padrão técnico operacional**: Todo produto deverá respeitar o procedimento de segurança, padrão técnico de operação de equipamentos e padrões de qualidade.

**Material necessário:** Caixas, etiquetas, ordem de produção, vassoura, pá, lixeiras, faca, caixa vermelha para resíduo de varrição e fita adesiva.

**Riscos:** Físico, será neutralizado com disciplina dos operadores (treinamento); Ruído, será neutralizado com protetor auricular;

**Funções:**

Posição 1: Encaixotar os produtos conforme ordem de empacotamento, ou seja, utilizar caixas e colocar a quantidade de pacotes nas caixas conforme descrito na ordem.

Posição 2: Pesar caixas na balança de conferência conforme descrito na ordem e montar paletes conforme ficha técnica do produto.

Organizar setor: manter local de trabalho limpo, varrendo periodicamente, separar lixo em fitilhos, etiquetas, fitas adesivas e lixo de varrição e abrir pacotes reprovados.

Auxiliar nas trocas de produto: conforme descrito no POP de Trocas de Produto.

Garantir a qualidade do produto encaixotado: Analisar o produto que está sendo encaixotado verificando soldas vertical e horizontal, centralização do pacote, centralização da fita seladora, pesos da caixa de acordo com ordem de empacotamento, etiqueta colada centralizada na caixa e paletização correta.

Fazer Rodízio de funções: Posição 1 e Posição 2, a cada troca de palete.

Através da observação do processo e entrevistas com o engenheiro responsável pela segurança do trabalho na empresa, obteve-se a informação de que, atualmente, o processo é realizado por 3 auxiliares de produção, sendo que o rodízio permanece ocorrendo da seguinte forma: dois operadores executam a operação descrita como Posição 1, ficando um do lado direito da mesa, utilizando o braço direito para pegar os pacotes, e outro do lado esquerdo. Isso possibilita que a atividade repetitiva seja realizada variando os braços.

Com relação à demanda de trabalho de cada auxiliar de produção, obteve-se os seguintes parâmetros referentes à empacotadora escolhida para o estudo:

*(i)* São empacotados 500g de produto por pacote e, em cada caixa, são alocados 10 pacotes, totalizando 5 kg;

*(ii)* A capacidade produtiva nominal da empacotadora é de 1980 kg por hora. Considerando o peso dos pacotes, têm-se uma quantidade de 3960 pacotes por hora e 396 caixas, ou então, 66 pacotes por minuto.

*(iii)* Considerando-se que duas pessoas ao mesmo tempo estão realizando a pega dos pacotes para colcar nas caixas, têm-se uma demanda de 33 pacotes por minuto para cada auxiliar de produção. Isso implica na realização do movimento de pega de pacotes a cada 1,8 segundos.

*(iv)* O tempo para completar um palete e ocorrer a troca de função é de aproximadamente 15 minutos, variando conforme capacidade da empacotadora.

*(v)* Os turnos de trabalho são de 8 horas e 48 minutos, sendo que os funcionários deste setor realizam três pausas de 10 minutos por turno de trabalho e um intervalo de 60 minutos para refeição.

Por meio do software Jack Simulation foi elaborado o layout do processo de empacotamento, possibilitando realizar a simulação das atividades da operadora, analisando as diversas atividades e posições que a mesma executa durante o trabalho. O layout em questão está representado pela Figura 2, que demonstra de forma simplificada os equipamentos constantes no processo, sendo: A) Esteira transportadora; B) Mesa; C) Palete de acondicionamento de caixas vazias; D) Máquina seladora de caixas; E) Balança de pesagem; F) Palete de caixas prontas já seladas; G) Pacote de produto a ser encaixotado.

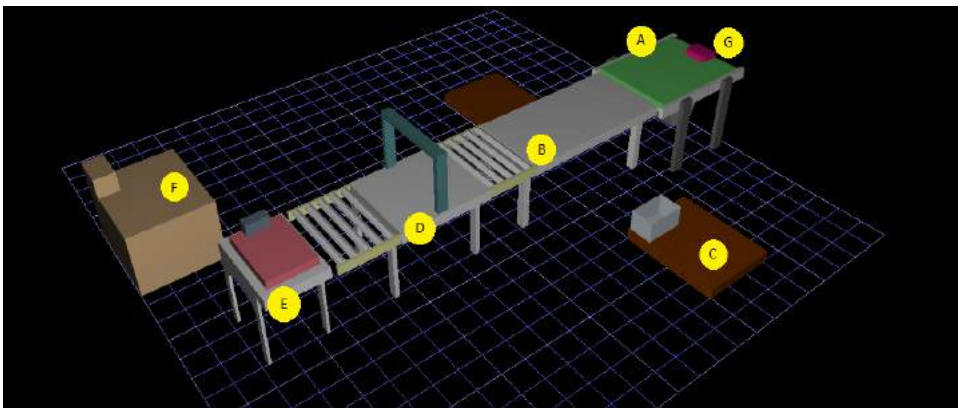


Figura 2: Layout do processo de empacotamento

Ainda, há a disponibilidade de um banco ergonômico para cada máquina empacotadora e de 2 transpaleteiras, que são máquinas utilizadas para elevar os paletes no início do acondicionamento das caixas de produto já seladas, visto que o palete vazio exige que o funcionário se abaixe para colocar as caixas. Como não há uma transpaleteira por empacotadora, estas são utilizadas conforme disponibilidade.

O primeiro movimento estudado é o movimento realizado para pegar caixas vazias que ficam depositadas no palete atrás da mesa. O movimento está representado pela Figura 3.

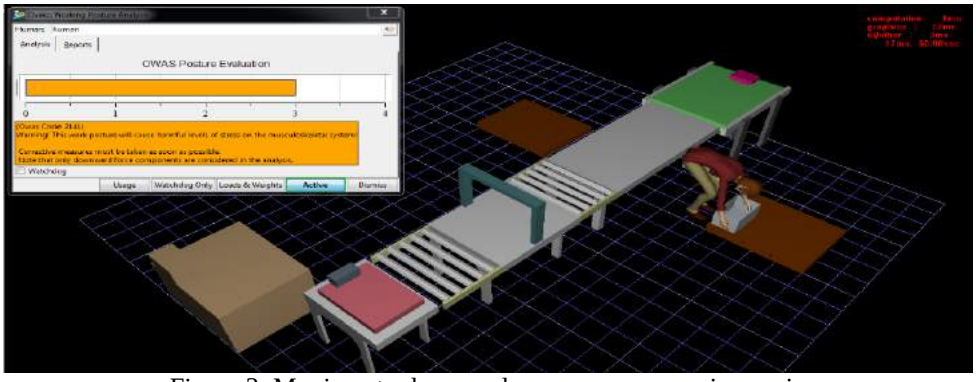


Figura 3: Movimento da operadora para pegar a caixa vazia

Esta primeira posição foi considerada pelo software como Classe 3, ou seja, foi constatado que esta postura de trabalho poderá causar níveis prejudiciais de estresse sobre o corpo, exigindo atenção. Medidas corretivas devem ser tomadas imediatamente para que o quadro não se agrave.

O próximo movimento a ser avaliado representa a operadora levantando a caixa do palete até que sua postura ficasse ereta. Realizando a análise do sowtare pelo método OWAS constatou-se que o movimento se encaixa na Classe 1, que essa postura é normal e natural, ou seja, não traz riscos à saúde do trabalhador. Isso porque a caixa que a operadora levanta é de um material leve (papelão) e de fácil manuseio. Desta forma o movimento realizado pela operadora juntamente com a carga levantada é aceitável não causando nenhum dano postural.

Na etapa seguinte, analisa-se a postura da operadora quando a mesma fica em pé, posicionando a caixa sobre a mesa. Esta posição também foi avaliada pelo software como natural, com Classe 1, indicando que não há necessidade de alteração no processo, pois a saúde da operadora não está em risco.

Posteriormente, a operadora realiza o movimento de pegar o produto que está ao lado da caixa em cima da mesa. O movimento exige que a mesma gire o tronco e utiliza uma determinada força para pegar o produto. Por meio do método OWAS constatou-se que a postura de trabalho se encaixa na Classe 2, onde pode constatar efeitos nocivos sobre o corpo da operadora.

Na última postura analisada, conforme a figura 4, o método OWAS identificou que o movimento da operadora em girar o tronco e pegar o produto pode causar efeitos prejudiciais a operadora. Medidas corretivas devem ser tomadas para que com o passar do tempo e realizando este movimento diversas vezes ao dia, a operadora não venha a sofre algum problema de saúde devido a essa postura inadequada.

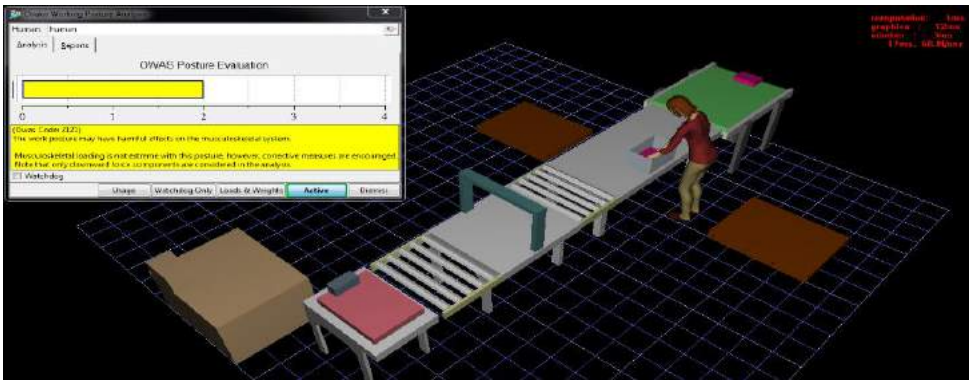



Figura 4: Movimento da operadora para colocar o produto dentro da caixa

Por fim é possível concluir que nenhum dos movimentos que a operadora realiza é de extrema preocupação, segundo o método OWAS. Mas algumas medidas devem ser tomadas para prevenir qualquer tipo de problema de saúde devido a posturas e movimentos inadequados para o corpo.

Como possíveis melhorias a serem realizadas, sugere-se que o palete de caixas vazias seja mantido elevado a uma altura que não exija que o operador realize tanto esforço para pegar as caixas. Isso pode ser realizado por meio de uma transpaleteira, que eleve o palete a uma altura agradável posturalmente (aprox. 80cm do chão). Outra solução seria utilizar paletes mais altos, ou mesmo, apoiar as caixas sobre outro tipo de material.

Como solução para a postura referente à pega de pacotes e acondicionamento dos mesmos nas caixas, sugere-se que sejam realizadas aulas de ginástica laboral para os funcionários, no mínimo 3 vezes por semana. Também pode-se reduzir a distância de pega dos pacotes, para que consequentemente, seja reduzido o esforço realizado pelo operador. Ainda, sugere-se que sejam realizadas orientações de postura de trabalho por um profissional qualificado, que oriente os funcionários sobre uma forma menos prejudicial para se trabalhar, realizando um acompanhamento dos mesmos e verificando melhorias.

Para uma melhor avaliação da postura e movimentos repetitivos é necessário a utilização de outros métodos de avaliação, como o método RULA e o método Strain Index. O primeiro possibilita a avaliação da postura do operador com relação ao posto do trabalho. Com essa análise melhorias no layout podem ser aplicadas para melhorar a postura do operador e evitar futuros problemas posturais. O segundo método tem como objetivo avaliar o risco de lesões nos punhos e mãos, que são os membros mais utilizados durante o processo. Por meio desses métodos é possível desenvolver e aplicar melhorias com o objetivo de evitar qualquer problema de saúde futuro com relação a postura de trabalho. Um maior aprofundamento desses métodos podem ser realizados em trabalhos futuros.

## 5. CONCLUSÃO

Neste estudo não foi possível atender a todos os itens obrigatórios contidos na NR 17, sendo limitado aos recursos disponibilizados pela empresa. Isso se aplica ao relatório advindo da Medicina do Trabalho, ao qual não foi possível obter acesso e à pesquisa de clima organizacional, que é um item não realizado pela empresa atualmente.

Ao concluir este estudo, pode-se destacar que nem todas as posturas e aplicações de força realizada pelo operador no ambiente de trabalho podem causar danos à saúde. A maior parte dos movimentos realizados pelo auxiliar de produção e que foram analisados pelo software apresentaram como resultado um risco de Classe 1 ou Classe 2, ou seja, são tarefas que não afetam as condições ergonômicas do trabalhador. As posições que apresentaram resultados insatisfatórios foram o movimento de pega da caixa, onde o funcionário precisa se abaixar para pegar as caixas no palete e o movimento de girar o corpo para pegar o produto na esteira. Esses movimentos podem vir a causar danos posturais ao operador, o que se agrava por serem movimentos repetitivos. Assim como, todo tipo de trabalho com

atividades repetitivas merecem extrema atenção, pelo fato de que as lesões geralmente são identificadas apenas a longo prazo. Ainda, sabe-se que este tipo de atividade tende a impactar na qualidade de vida do ser humano em aspectos como fadiga e desgaste psicológico.

Compreendeu-se que a empresa em estudo já possui implementadas ações que beneficiam o trabalho das pessoas envolvidas neste processo, visto que já ocorre o rodízio de funções e pausas intra-jornada.

É necessário escolher e aplicar um método de avaliação de risco ergonômico que seja o mais adequado à realidade de trabalho, facilitando a tomada de decisão. Portanto, o conhecimento e avaliação dos fatores de riscos ergonômicos presentes no ambiente de trabalho merecem tratamentos adequados visando melhorar o conforto, a segurança e a saúde dos trabalhadores, resultando em melhor qualidade de vida no trabalho e melhor desempenho produtivo para as organizações.

## 6. REFERÊNCIAS

BEZERRA, M. S.; BORBA, E. N. Aplicação da Norma Regulamentadora nº17 em serviços privados de reabilitação fisioterápicos município do Rio de Janeiro e Niterói. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

COELHO, R. Ricos na indústria de alimentos. Canal da Prevenção. 2017. Disponível em: <https://canaldaprevencao.com/riscos-na-industria-de-alimentos/>. Acesso 18 de maio de 2018.

BARREIRA, H. T. C. Fatores de risco de lesões por esforços repetitivos em uma atividade manual. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

INBEP. Ergonomia (NR17): o que e para que serve? INBEP Blog. 2017. Disponível em: <http://blog.inbep.com.br/saiba-mais-sobre-a-nr-17-ergonomia/>. Acesso 19 de maio de 2018.

IIDA, Itiro. Ergonomia – Projeto e Produção. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1992.

IIDA, Itiro. Ergonomia Projeto e Produção. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

IIDA, Itiro. Ergonomia – Projeto e produção. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998.

LOUREDO, L. A Segurança do Trabalho para a indústria do setor de frigoríficos. 2017. Disponível em: <https://consultoradealimentos.com.br/boas-praticas/seguranca-do-trabalho/>. Acesso 18 de maio de 2018.

MARTINS, J. R.; et al. Análise ergonômica no transporte manual de cargas: um estudo de caso em uma empresa de produção de cimento. Revista GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, v. 12, n. 1. 2016. Disponível em: <http://www.revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1627/766>. Acesso em 10 de maio de 2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR17 - Ergonomia. 1990. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>. Acesso 19 de maio de 2018.

PEREIRA, W. L.; PERALTA, C. B. L. Análise ergonômica do trabalho em farmácia de manipulação: um estudo embasado em demandas posturais. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2017. Joinville, SC. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_241_401_33673.pdf>. Acesso em 13 de maio de 2018.

SILVA, Y.; et al. Aplicação da análise ergonômica do trabalho (AET) em uma multinacional do setor calçadista: aprimorando a gestão de materiais. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2013. Salvador, BA. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_180_031_23002.pdf >. Acesso em 26 de agosto de 2018.

SOUZA, R. Brasil tem 700 mil acidentes de trabalho por ano. EM Economia. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/06/05/internas_economia,874113/brasil-tem-700-mil-acidentes-de-trabalho-por-ano.shtml>. Acesso 18 de maio de 2018.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RISCO PARA LER/DORT EM COLABORADORES DE UM FRIGORÍFICO DA CIDADE DE ERECHIM/RS

**Luana Carla Zambon**
**Gustavo Truylio Alves**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim, RS, Brasil
luana__zambon@hotmail.com
guusttavo0@hotmail.com

**Elvis Wisniewski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim, RS, Brasil
04.elvis@gmail.com

**Miriam Salete Wilk Wisniewski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim, RS, Brasil
miriamww@gmail.com

**Fernanda Dal'Maso Camera.**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim, RS, Brasil
fernandadalmasocamera@gmail.com

***Resumo.*** *As indústrias frigoríficas possuem características de trabalho que podem predispor o colaborador a desenvolver LER/DORT, comprometendo sua qualidade de vida. O objetivo do estudo foi avaliar os indicadores associativos às LER/DORT em colaboradores de um frigorífico da cidade de Erechim/RS. A amostra foi composta por 15 colaboradores de um frigorífico os quais consentiram em participar do estudo. Foram aplicados os questionários para a identificação do perfil sociodemográfico, verificação dos segmentos corporais mais acometidos pela dor, (diagrama de Corlett), estes aplicados no início e ao final da jornada de trabalho, bem como foi aplicado o questionário de qualidade de vida (QLWQ-78). Os dados foram analisados através do teste t não paramétrico e as medidas serão apresentadas em média e desvio padrão através da sintaxe construída no programa Excel for Windows. Prevaleceu o sexo masculino com 73% da amostra. A faixa etária predominante foi superior a 41 anos com 66%. Os locais com presença de dor ou desconforto ao início e ao final da jornada de trabalho foram as regiões dorsais inferior, média e superior. A qualidade de vida apresentou índices satisfatórios em todos os domínios. Conclusão: a região mais acometida pela dor, no princípio e ao término da atividade laborativa, foi a coluna vertebral.*
***Palavras-chave:*** *Frigorífico, Qualidade de vida, LER/DORT.*

## 1. INTRODUÇÃO

As empresas e indústrias de todo o Brasil competem entre si para buscando destaque no mercado de trabalho, almejando adequar o ambiente de trabalho, com a intenção de melhorar o conforto e diminuir os afastamentos por lesões e acidentes de trabalho, dando ênfase à saúde de seus colaboradores (EVANGELISTA, 2011).

Silveira (2008) relata que os colaboradores das empresas frigoríficas estão expostos a inúmeros riscos, sendo estes, fatores que contribuem para o surgimento de doenças ocupacionais. Neste sentido, estas empresas merecem uma atenção redobrada nos aspectos ergonômicos e biomecânicos para uma melhor adequação e organização do trabalho.

Os frigoríficos apresentam diferenças quando comparados uns aos outros, uma vez que existem diversas fontes de matéria-prima (aves, suínos, bovinos, ovinos, dentre outros) e mesmo que os frigoríficos utilizem a mesma fonte de matéria-prima, as empresas não seriam idênticas (OLIVEIRA; MENDES, 2014). Diante disso, é importante buscar o máximo de conhecimento no processo saúde-doença que se sobrepõe ao trabalhador, o que pode culminar em uma doença ocupacional ou um acidente de trabalho.

As Lesões por Esforços Repetitivos (LER) e os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) são as principais consequências relacionadas a questões ergonômicos encontrados nas empresas no mundo (COUTO, 2002). Alguns fatores e características do trabalho em frigoríficos podem estar envolvidos no surgimento de uma LER/DORT, tais como o trabalho repetitivo, monótono, ritmo de trabalho exacerbado, alta produtividade, aplicação de forças com as mãos, levantamento e transporte de pesos, posturas inadequadas, determinantes organizacionais e o stress (MACIEL, 2000; ARAÚJO et al., 2012; MAGRO et al., 2014).

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar os indicadores associativos às LER/DORT em colaboradores de um frigorífico da cidade de Erechim/RS.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A população do estudo foi composta por colaboradores de um frigorífico especializado no abate e processamento de carnes bovina e suína, localizado no munícipio de Erechim/RS. A amostra do estudo contou com 15 colaboradores, os quais exercem a função de magarefe (ciclos de rotatividade), que consentiram em participar da pesquisa através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foram incluídos no estudo indivíduos do sexo masculino e feminino com idades entre 18 e 60 anos, com um período mínimo de trabalho na empresa de 6 meses e que concordaram com assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foram excluídos do estudo aqueles, que apresentaram alguma patologia de base, como por exemplo, diabetes melitus ou que apresentaram laudo de afastamento ou dispensa laboral ou ainda que não concordaram com algum item do TCLE.

Foi aplicado um questionário semiestruturado do perfil sociodemográfico, respondido pelo colaborador, no próprio local de trabalho. Na mesma oportunidade o colaborador indicou os segmentos corporais acometidos pela dor, através do Diagrama de Corlett, no início e ao término de sua jornada de trabalho, graduando sua intensidade de 0 a 10, sendo que 0 significa nenhum desconforto e 10 o máximo desconforto possível, assinalando a linha de acordo com cada região do mapa corporal. O questionário de qualidade de vida no trabalho QWLQ-78 foi respondido pelos colaboradores em seu domicilio e o mesmo foi recolhido pelo pesquisador em data acertada em comum acordo com os colaboradores. O questionário QWLQ-78 possui 78 questões divididas em quatros domínios (físico/saúde, psicológico, pessoal e profissional). Para classificar o índice de qualidade de vida dos colaboradores, foi obedecida a classificação proposta por Reis Júnior (2008), que segue abaixo.

Figura 1 - Classificação do questionário QWLQ-78

**QWLQ - 78**

| Muito Insatisfatório | Insatisfatório | Neutro | Satisfatório | Muito Satisfatório |
|---|---|---|---|---|
| 0 a 22,5 | 22,5 a 45 | 45 a 55 | 55 a 77,5 | 77,5 a 100 |

Fonte: Reis Júnior (2008)

### 2.1 Perfil dos colaboradores

Segundo Evangelista (2011) é importante conhecer o perfil de todos os trabalhadores da empresa, pois através destas informações é possível realizar alterações no ambiente e condições de trabalho, com o objetivo de adequar este ambiente às necessidades dos trabalhadores. Atendendo a este aspecto, a figura 2 apresenta os resultados referentes ao perfil sociodemográfico dos participantes da pesquisa.

Figura 2 - Perfil sociodemográfico dos colaboradores

| **Sexo** | **Frequência** | **%** | **Trabalho físico** | **Frequência** | **%** |
|---|---|---|---|---|---|
| Masculino | 11 | 73 | Leve | 3 | 20 |
| Feminino | 4 | 27 | Moderado | 9 | 60 |
| **Idade** | **Frequência** | **%** | Pesado | 3 | 20 |
| 18-30 | 3 | 21 | **Tempo de sono** | **Frequência** | **%** |
| 31-41 | 2 | 13 | Suficiente | 14 | 93 |
| 41-50 | 5 | 33 | Insuficiente | 1 | 7 |
| Acima de 50 | 5 | 33 | **Mão dominante no trabalho** | **Frequência** | **%** |
| **Escolaridade** | **Frequência** | **%** | Direita | 5 | 33 |
| Fundamental incompleto | 4 | 27 | Esquerda | 2 | 13 |
| Fundamental completo | 4 | 27 | Ambas | 8 | 54 |
| Médio incompleto | 2 | 13 | **Fumantes** | **Frequência** | **%** |
| Médio completo | 4 | 27 | Sim | 3 | 20 |
| Superior completo | 1 | 6 | Não | 12 | 80 |
| **Tempo de empresa** | **Frequência** | **%** | **Uso de bebidas alcoólicas** | **Frequência** | **%** |
| Menos de 1 ano | 2 | 13 | Sim | 2 | 13 |
| 1-2 anos | 4 | 27 | Não | 13 | 87 |
| Mais de 2 anos | 9 | 60 | | | |

A amostra foi constituída por 15 colaboradores, prevalecendo o sexo masculino correspondendo a 73% da amostra. De um total de quatro colaboradores do gênero feminino, duas exerciam funções administrativas. De qualquer modo estes dados estão em acordo com outras pesquisas, como por exemplo, os estudos de Evangelista (2011) e de Heemann (2013), que demostraram que a maioria dos colaboradores de empresas frigoríficas é do sexo masculino com 55% da amostra total. Este achado pode estar relacionado ao fato de que o referido ambiente de trabalho apresenta uma exigência laborativa, voltada ao emprego de força, que de certo modo é correspondido por um número maior de trabalhadores do gênero masculino.

A faixa etária representada pelo maior número de colaboradores foi acima dos 40 anos, totalizando 66% da amostra. Em contrapartida, Ferreira (2015) observou em seu estudo a predominância de indivíduos jovens, com idades de até 25 anos. No estudo de Reis (2012), a faixa etária abaixo dos 40 anos se encontrava com o maior percentual da amostra total. Em ambos os estudos o público jovem está mais presente, portanto não havendo correlação com os resultados desta pesquisa. Este dado pode ser explicado pelo fato de a empresa contratar colaboradores mais experientes no ramo de processamento e abate de carnes, justificado pelo fato de que boa parte da mão de obra é de trabalhadores que tem origem no meio rural, os quais apresentam experiência no abate de animais, uma vez que o referido frigorífico é de pequeno porte.

Quanto ao tempo de profissão, 60% possui mais de 2 anos de atividade. Os resultados conferem com o estudo realizado por Evangelista (2011) que constatou que de maneira geral os colaboradores apresentam um tempo de função igual ou superior a quatro anos. Conforme estes números, podemos afirmar que estes colaboradores se encontram com uma estabilidade maior em seu emprego.

Quanto à percepção da atividade laboral, 60%, dos colaboradores, classificou o seu trabalho no aspecto físico como moderado. Segundo o estudo realizado por Ferreira (2015), 71% dos entrevistados também consideram o seu trabalho no aspecto físico como moderado. Contudo Evangelista (2011), observou que a maioria dos funcionários 56,7%, considera o seu trabalho monótono e repetitivo ou pesado. De fato, esta classificação é subjetiva e dependente de alguns fatores que podem estar envolvidos diretamente na avaliação do trabalho físico, como por exemplo, a função, idade e a carga horária do colaborador, dentre outros aspectos. Contudo, não há como negar que o ambiente de trabalho das indústrias frigoríficas apresenta alguns riscos que podem exigir uma maior demanda da capacidade física do indivíduo.

Quando questionados sobre o tempo de sono diário, 93% dos colaboradores consideram seu sono diário como suficiente. A mão que os colaboradores mais utilizam no trabalho é a mão direita com 33%, entretanto, 54% relataram utilizar ambas as mãos em sua atividade laboral. No que diz respeito ao fumo e ao uso de bebidas alcóolicas, 20% fazem uso do cigarro, enquanto que 13% consomem bebidas alcóolicas, principalmente nos finais de semana.

Evangelista (2011) analisou o tempo do sono diário, mão dominante mais utilizada no trabalho e o uso de bebidas alcóolicas e do fumo, e verificou que 71,6% dos entrevistados consideram o seu tempo de sono diário insuficiente, a mão mais utilizada no trabalho foi a mão direita com 39%, porém, 54% utilizavam ambas as mãos. Apenas 15% relataram fazer o uso do cigarro e 43% o uso de bebidas alcóolicas.

No tocante ao tempo de sono diário e o uso de bebidas alcóolicas, o tempo de sono diário satisfatório pode ser explicado devido ao turno de trabalho, uma vez que o estudo realizado por Evangelista (2011) analisou uma empresa que opera em 3 turnos de trabalho, diferentemente da empresa avaliada neste estudo, que opera apenas no turno da manhã, às terças, quintas e sextas-feiras, a partir das 8h, encerrando suas atividades às 11h e 30min. Por outro lado, o maior percentual de colaboradores que fazem o uso de bebidas alcóolicas pode estar diretamente envolvido com o tamanho da amostra, uma vez que o estudo referendado pelo autor acima, teve uma amostra superior ao presente estudo.

### 2.2 Segmentos Corporais mais Acometidos pela Dor/Desconforto

Como visto anteriormente, as empresas frigoríficas necessitam de uma atenção especial aos riscos que os colaboradores estão expostos durante a sua jornada de trabalho. Para isso, a ergonomia e a biomecânica em conjunto, são fundamentais, e representam uma forma de prevenir as lesões relacionadas ao trabalho como as LER's/DORT's, dentre elas as lombalgias, e neste sentido, as empresas promovem um aperfeiçoamento das condições de trabalho melhorando o desempenho dos colaboradores (COUTO, 2002; HALL, 2005).

Nos gráficos abaixo, podemos identificar os principais segmentos acometidos pela dor no início e final da jornada de trabalho de acordo com o diagrama de Corlett.

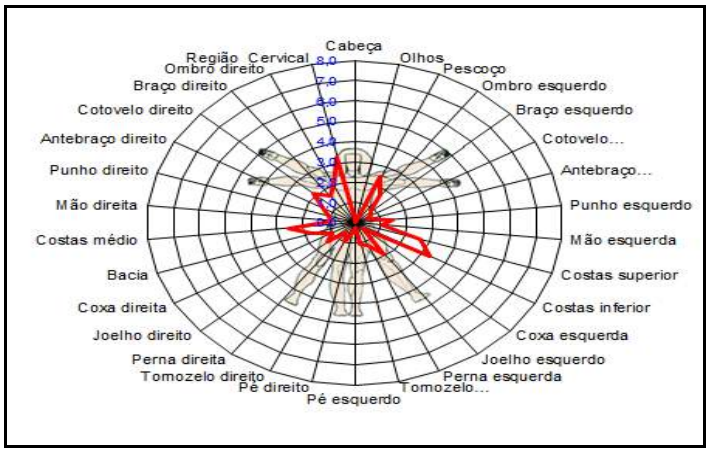



Gráfico 1 - Dor/desconforto ao início da jornada de trabalho

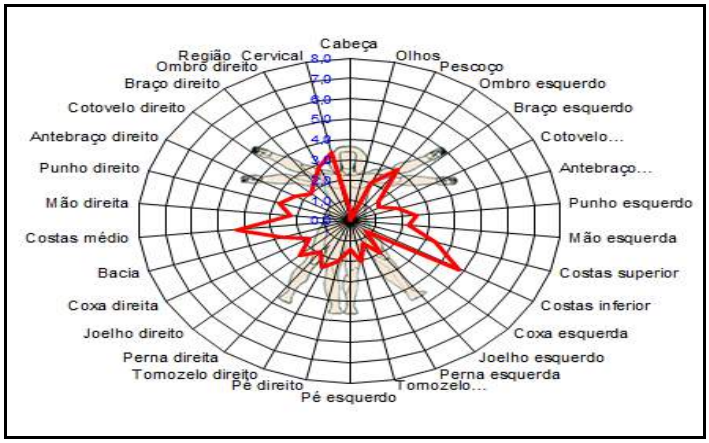



Gráfico 2 - Dor/desconforto ao final da jornada de trabalho

Tanto ao início quanto ao final do trabalho, as regiões que os colaboradores mais indicaram por apresentar dor, foram as regiões dorsais inferior, média e superior. Como era esperado, no início do trabalho os scores de dor são menores do que no final do trabalho.

No início do trabalho o score médio de dor para as costas inferior e a região cervical foi de 3.3 para cada região, costas superior 2.7 e costas médio de 2.5. Ao final do trabalho o score médio de dor para as costas inferior aumentou para 4.8, costas médio 4.3 e costas superior e região cervical 3.4 para cada região.

Conforme os resultados apresentados, percebe-se que a coluna vertebral dos colaboradores foi a principal região acometida pela algia. No estudo de Silva (2011), os colaboradores de um frigorífico foram questionados em relação a sintomas dolorosos na coluna lombar, sendo que dos entrevistados, 57,1% afirmaram que até o momento da pesquisa não tiveram dor lombar, e 42,9% relataram a presença de sintomas de dor lombar.

Em outro estudo realizado por Alves; Araújo; Aguiar (2014), os professores do ensino fundamental responderam o diagrama de Corlett, onde 71,43% relatou dor na região das costas inferior como o principal problema, seguidos pela região cervical com 57,15%, pescoço e costas superior com 42,86% para cada região, punho esquerdo e direito com 28,57%, em ambos, e 14,29% para costas médio.

Estes dados supracitados nos direcionam para uma região que merece uma atenção redobrada, ou seja, as alterações na coluna vertebral constituem em uma das maiores causas de afastamentos do trabalho e do sofrimento humano (EVANGELISTA, 2011). Couto (2002), complementa dizendo que o distúrbio mais comum relacionado ao trabalho é a dor muscular, ocasionada pela fadiga dos músculos das costas, principalmente quando o indivíduo permanece por longos períodos numa mesma postura, ou seja, em todas as situações em que o colaborador necessite utilizar grande força física, mesmo ele sendo um indivíduo forte, uma vez que, depender da máquina humana é anti-ergonômico, visto que provocam alterações biomecânicas, distensões músculo-ligamentares, compressão de estruturas nervosas e a desinserção da extremidade de fixação do tendão muscular do osso.

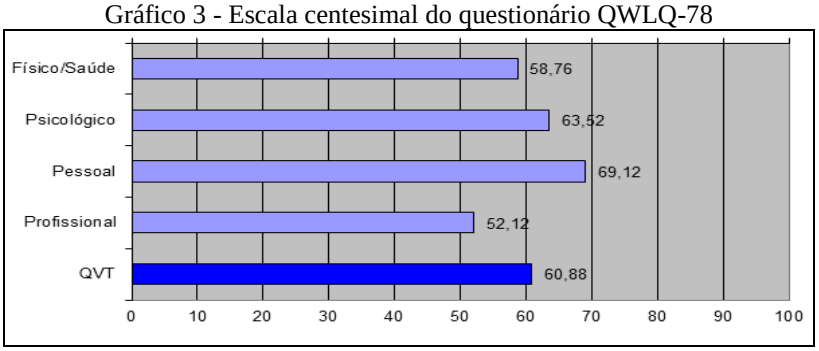
### 2.3 Qualidade de Vida no Trabalho

Podemos definir a qualidade de vida no trabalho como o modo que as pessoas desenvolvem o seu trabalho, levando em consideração os aspectos físicos, ambientais e psicológicos do trabalho, que por sua vez envolvem pessoas, trabalho e organizações, resultando em índices satisfatórios ou insatisfatórios (SILVA; JÚNIOR, 2017; BARBOSA, 2016).

Para avaliarmos a qualidade de vida dos colaboradores, aplicou-se um questionário específico de qualidade do trabalho, o questionário QWLQ-78, que considera os aspectos do ponto de vista pessoal, de saúde, psicológico e profissional.

A apresentação gráfica em uma escala centesimal demonstrou as seguintes médias de cada domínio e o índice de qualidade de vida dos colaboradores.

Gráfico 3 - Escala centesimal do questionário QWLQ-78




A análise de correlação fornece um número, o qual indica como duas variáveis variam em conjunto. Ela nos permite medir a intensidade e a direção da relação linear ou não-linear entre duas variáveis (LIRA, 2004). Foram obtidos os seguintes resultados, presentes na tabela 1.

Tabela 1. Índice de correlação dos aspectos da qualidade de vida do questionário QWLQ-78

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Físico/Saúde (1) | | | | | |
| Psicológico (2) | -0,03996 | | | | |
| Pessoal (3) | 0,063456 | 0,371585 | | | |
| Profissional (4) | -0,10088 | 0,360863 | 0,519254 | | |
| **QVT (5)** | 0,357936 | 0,581937 | 0,819288 | 0,739643 | |

Os resultados obtidos, como a média e o desvio padrão, o coeficiente de variação, o valor mínimo, o valor máximo e a amplitude de cada domínio e da qualidade de vida do trabalho como um todo, estão representadas em uma escala de 1 a 5, na tabela 2.

Tabela 2. Estatística descritiva do questionário QWLQ-78

| DOMÍNIO | MÉDIA | DESVIO PADRÃO | COEFICIENTE DE VARIAÇÃO | VALOR MÍNIMO | VALOR MÁXIMO | AMPLITUDE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Físico/Saúde | 3,350 | 0,361 | 10,776 | 2,688 | 3,882 | 1,195 |
| Psicológico | 3,541 | 0,249 | 7,041 | 3,000 | 4,000 | 1,000 |
| Pessoal | 3,765 | 0,441 | 11,724 | 2,938 | 4,500 | 1,563 |
| Profissional | 3,085 | 0,414 | 13,427 | 2,571 | 3,941 | 1,370 |
| **QVT** | 3,435 | 0,236 | 6,858 | 3,111 | 3,761 | 0,649 |

O domínio físico/saúde teve um dos índices mais baixos de todos os domínios ficando acima apenas do domínio profissional, com um valor mínimo de 2,688 e valor máximo de 3,882, média de 3,350 e desvio padrão de 0,361, mesmo assim, representando um índice satisfatório de qualidade de vida.

O domínio psicológico por sua vez, apresentou um dos melhores índices, apresentando o maior valor mínimo entre todos os domínios com 3,000, valor máximo de 4,000, média 3,541 e desvio padrão de 0,249. Assim como o domínio físico/saúde, o domínio psicológico foi considerado um índice satisfatório de qualidade de vida.

O domínio pessoal foi o domínio que apresentou o melhor índice em comparação com os demais domínios, com um valor mínimo de 2,938 e valor máximo de 4,500, atingindo uma pontuação muito próxima do valor extremo (índice 5). A maior média foi obtida no domínio pessoal, com um índice de 3,765, e o desvio padrão com um valor de 0,441, resultando em um índice de qualidade de vida satisfatório.

O domínio profissional demostrou ser o pior índice, apresentando o menor valor mínimo da amostra com 2,571, valor máximo de 3,941 e desvio padrão de 0,414. A pior média foi registrada no domínio profissional com um índice de 3,085, considerada um índice satisfatório de qualidade de vida, mesmo estando mais próximo da escala neutra quando em comparação com os outros domínios.

De maneira geral, a qualidade de vida que considera todos os domínios obteve uma média de 3,435 (60,88 na escala centesimal) com desvio padrão de 0,236, ou seja, um índice satisfatório de qualidade de vida para os colaboradores do

frigorífico. Entretanto os domínios físico/saúde e o profissional apresentaram os piores índices entre os domínios avaliados, chegando mais próximo da escala neutra, sugerindo que nestes dois aspectos os frigoríficos ainda precisam avançar.

Conforme o estudo de Reis Júnior (2008), onde o autor avaliou a qualidade de vida de 387 colaboradores através do questionário QWLQ-78 em quatro cidades paranaenses (Curitiba, Ponta Grossa, Toledo e Pato Branco), o resultado final obtido de qualidade de vida foi satisfatório, com um índice de 63,34 na escala centesimal.

No presente estudo, os índices de qualidade de vida foram satisfatórios, com um escore de 60,88 na escala centesimal, um dado muito próximo do estudo supracitado. Contudo ao observar os números de entrevistados em cada estudo, percebe-se uma grande diferença, limitando a análise.

Gomes et al. (2017) investigaram em seu estudo a qualidade de vida no trabalho de docentes de uma instituição de ensino superior da área da saúde, aplicando três questionários há 114 entrevistados, sendo que o primeiro questionário era referente aos aspectos sociodemográficos e os outros dois questionários sobre a qualidade de vida no trabalho (TQWL-42 e WHOQOL-abreviado). Os resultados referentes à qualidade de vida no trabalho dos docentes entrevistados demonstraram ser satisfatórios, porém em alguns aspectos, como por exemplo, o aspecto recursos financeiros e benefícios extras, foi possível observar uma insatisfação, fatores esses que podem interferir na qualidade do trabalho.

Estudo de Teixeira; Ruiz (2013) teve como objetivo avaliar a qualidade de vida de trabalhadores de uma indústria de embalagens de papelão, por meio de uma entrevista, observações e o questionário QWLQ-bref em 65 indivíduos, mostrou que o domínio físico/saúde teve uma média de 3,70, domínio psicológico 3,56, domínio pessoal 3,86 e o domínio profissional 3,47. Em resumo, a qualidade de vida dos colaboradores da indústria é satisfatória.

Quanto aos resultados do presente estudo em comparação com o estudo de Teixeira; Ruiz (2013), o domínio pessoal também apresentou a média mais alta entre os domínios, e o mesmo acontece com o domínio profissional que apresentou a pior média de todos os domínios. Em relação à classificação da qualidade de vida, os colaboradores da indústria de embalagens de papelão e os colaboradores do frigorífico apresentaram um índice de qualidade de vida satisfatório.

Na pesquisa de Salgado (2016) que avaliou a qualidade de vida dos colaboradores de uma empresa automotiva, por meio do questionário QWLQ-bref, comparando àqueles que trabalham no setor administrativo (30 funcionários) com os do setor de produção (34 funcionários), totalizando 64 entrevistados, mostrou que o setor administrativo apresentou uma média de 3,73 (75 na escala centesimal) e o setor de produção 3,72 (74 na escala centesimal), o que permite concluir que os indivíduos de ambos os setores apresentaram um índice de qualidade de vida satisfatório.

Ainda no estudo de Salgado (2016), o questionário QWLQ-bref indicou que o domínio físico/saúde apresentou a pior média em ambos os setores com 3,42, já o domínio psicológico teve uma média de 3,91 no setor administrativo e 3,94 no setor de produção, ficando atrás apenas do domínio pessoal no setor administrativo. Contudo a média do setor de produção ficou abaixo de outros dois domínios, demonstrando uma diferença entre os setores neste domínio. Outra média que se apresentou diferente em comparação entre os setores foi o domínio pessoal, o setor administrativo teve a melhor média com 4,03 e no setor de produção teve uma média de 4,11. O domínio profissional no setor administrativo apresentou a segunda pior média em comparação com os demais domínios do setor, em contrapartida no setor de produção este domínio foi o que obteve a melhor média com 4,51. Por fim, os dois domínios que apresentaram maiores médias no setor de produção foram os domínios profissional (4,51) e pessoal (4,11), e no setor administrativo, foram os domínios pessoal (4,03) e psicológico (3,91).

O estudo supracitado nos permite analisar a diferença da qualidade de vida no trabalho de uma empresa em dois diferentes setores. De acordo com os resultados apresentados fica evidente que a diferença de função influencia diretamente na qualidade de vida dos colaboradores, demonstrando que na mesma empresa a qualidade de vida dos colaboradores pode se apresentar de maneiras distintas.

A indústria frigorífica é diferente de uma empresa de embalagens, de uma instituição de ensino e de uma empresa de automóveis. Cada empresa tem suas particularidades e características próprias, ficando claro que a qualidade de vida no trabalho destas empresas também é diferente. Este fato fica mais visível quando analisamos os resultados dos estudos citados anteriormente, uma vez que todos apresentaram índices satisfatórios de qualidade de vida, entretanto ao analisar especificamente os quatros domínios, percebe-se diferenças entre as empresas e até mesmo entre os setores da mesma empresa.

## 3. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo em conjunto, permitem concluir que o perfil sociodemográfico aponta para colaboradores em sua maioria do sexo masculino, com idade superior a 41 anos, tempo de empresa acima de 2 anos, os quais classificam o seu trabalho no aspecto físico como moderado. O segmento corporal mais acometido pela dor foi a coluna vertebral. Por meio desta variável pode-se concluir que a LER/DORT nesta população acomete a coluna vertebral. Mesmo assim, a qualidade de vida dos colaboradores, apresenta índices satisfatórios.

## 4. REFERÊNCIAS

Alves, C. S.; Araújo, M. M.; Aguiar, C. H. A. Postura ergonômica do profissional docente: um estudo de caso do centro de atenção integrada à criança e ao adolescente (CAIC) Senador Carlos Jereissati, em Russas-CE. **Revista Tecnologia & Informação**, n. 3, p. 20-32, 2014.

Araújo, A. F. D. V. et al. Identificação de fatores de riscos ocupacionais no processo de abate de bovinos. **Cadernos de Pesquisa**, v. 19, n. 3, p. 79-89, 2012.

Barbosa, C. V. Qualidade de vida no trabalho. **Revista Interatividade**, v. 4, n. 1, p. 27-37, 2016.

Couto, H. A. Como implantar ergonomia na empresa: a prática dos comitês de ergonomia. Belo Horizonte: Ergo, 2002.

Evangelista, W. L. **Análise ergonômica do trabalho em um frigorífico típico da indústria suinícola do Brasil**. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

Ferreira, E. P. **Estudo ergonômico de uma empresa de abate de aves: o caso do setor de armazenagem e expedição**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

Gomes, K. K. et al. Qualidade de vida e qualidade de vida no trabalho em docentes da saúde de uma instituição de ensino superior. **Revista Brasileira do Trabalho**, v. 15, n. 1, p. 18-28, 2017.

Hall, S. J. **Biomecânica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2005.

Heemann, S. Agravos à saúde e doenças ocupacionais nos trabalhadores do Matadouro-frigorífico de aves de um Munícipio do Rio Grande do Sul no ano de 2012. Dissertação (Monografia) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

Lira, S. A. **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

Maciel, G. H. **Prevenção da LER/DORT**: O que a ergonomia pode oferecer. São Paulo: Kingraf – Gráfica e Editora, 2000.

Magro, M. L. P. D. et al. Intensificação e prolongamento da jornada de trabalho nas indústrias de abate e processamento de carnes e seus impactos na saúde dos trabalhadores. **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**, v. 17, n. 1, 2014.

Oliveira, P. A. B.; Mendes J. M. R. Processo de trabalho e condições de trabalho em frigoríficos de aves: relato de uma experiência de vigilância em saúde do trabalhador. **Ciência e Saúde coletiva**, v. 19, n. 12, p. 4627-4635, 2014.

Reis Júnior, D. R. **Qualidade de vida no trabalho**: construção e validação do questionário QWLQ-78. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

Reis, P. F. **O Trabalho Repetitivo em Frigorífico**: Utilização da estesiometria da mão como proposta para avaliação dos níveis de LER/DORT nas síndromes compressivas dos membros superiores. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

Salgado, W. F. **Qualidade de vida no trabalho em empresa automotiva**: comparação entre área administrativa e de produção. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de produção, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2016.

Silva, G. L. C. **Associação entre Dor Lombar e o Levantamento de Cargas em Trabalhadores de Frigoríficos**. Dissertação (Monografia) – Curso de Especialização em Ergonomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

Silveira, L. S. **Análise do conforto na atividade de desossa de carne bovina**: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

Teixeira, G. M.; Ruiz, V. M. Análise diagnóstica da Qualidade de Vida no Trabalho em uma indústria de embalagens. **Revista Brasileira de Qualidade de vida**, v. 5, n. 3, p. 9-18, 2013.

## 5. NOTIFICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Nós autores confirmamos a veracidade do texto e os resultados apresentados neste artigo, não havendo conflito de interesse pelas partes.

CONIGTI

# Engenharia de Produção: Gestão da Inovação e Empreendedorismo

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS COMPORTAMENTAIS EMPREENDEDORAS DE ALUNOS DO ENSINO SUPERIOR

**Débora Regina Schneider Locatelli**
Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim
debora.locatelli@uffs.edu.br

**Gilberto Matias Ruffato**
Universidade Federal da Fronteira Sul - Chapecó
gilberto.ruffato@uffs.edu.br

**Naira Barbacovi**
Faculdades IDEAU – Campus Passo Fundo
nairabarbacovi28@gmail.com

***Resumo.*** *O empreendedorismo está cada vez mais inserido no ambiente universitário, seja por meio de disciplinas ou atividades para despertar esta atitude entre os acadêmicos. Este estudo objetiva apresentar e analisar os resultados compilados dos resultados da aplicação do questionário de David McClelland em seis turmas de uma instituição de ensino superior do norte do Rio Grande do Sul. Também buscou-se verificar se há diferença entre gêneros em relação a CCEs e identificar em qual dos grupos de CCEs os acadêmicos estão mais desenvolvidos. A pesquisa é quantitativa descritiva e foi realizada com base em dados coletados na disciplina de empreendedorismo em seis diferentes turmas. A coleta de dados foi realizada utilizando-se o instrumento criado por David McClelland. Foram identificada, no grupo estudado, as presença das dez características comportamentais desenvolvidas, acima do mínimo estabelecido por McClelland. A categoria de planejamento é a que está mais desenvolvida e contempla as CCE: busca de informações, estabelecimento de metas e planejamento e monitoramento sistemáticos. Os dados não evidenciaram diferenças significativas entre os gêneros.*

***Palavras-chaves:*** *Comportamento, empreendedor, alunos*

## 1. INTRODUÇÃO

O empreendedorismo vem sendo incentivado no ensino superior, realizando uma educação que propicie a vivência do empreendedorismo e ao desenvolvimento empresarial dos estudantes. Visando aumentar a criatividade, a busca por inovação e a capacidade de identificar oportunidades e executar ideias por parte dos alunos, o que irá despertar a mentalidade empreendedora em diferentes atividades (HOLIENKA; HOLIENKOVÁ; GÁL, 2015).

A inclusão de disciplinas de empreendedorismo nas matrizes curriculares de cursos, principalmente, de bacharelado e de tecnologia tem crescido nos últimos anos. Este estudo teve origem em uma disciplina de empreendedorismo e na qual é aplicado o questionário de David McClelland para os alunos. O instrumento criado por McClelland não se restringe ao uso para determinado público em específico, ele é utilizado para identificar estas características nas pessoas, foi escolhido por ser até hoje um dos mais utilizados para se estudar as CCEs (CAMARGO, 2005). Este instrumento é utilizado como base para o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o qual realiza desde 1988 capacitação de empreendedores, e também pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) como instrumento de auto-avaliação do Empretec (DIAS; SOUZA NETO; BOAS, 2010).

O objetivo deste artigo é apresentar e analisar os resultados compilados dos resultados da aplicação desse instrumento em seis turmas de uma instituição de ensino superior do norte do Rio Grande do Sul. Foi também verificado se há diferença entre gêneros em relação às CCEs e identificado em qual dos grupos de CCEs os acadêmicos estão mais desenvolvidos.

Este assunto tem muito ainda que avançar para formar um profissional apto para atuar nas empresas com excelência ajudando para a inovação nas suas áreas de atuação e no desenvolvimento econômico. Para as instituições de ensino é importante para estarem preparadas para formar um profissional que esteja apto ao mercado de trabalho e seu desenvolvimento profissional.

Na sequência são apresentados o empreendedor e as características comportamentais empreendedoras e educação empreendedora.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Empreendedor e as características comportamentais empreendedoras

O empreendedor sonha e busca fazer tudo o que pode para transformar estes sonhos em realidade. É inconformado, e vai em busca de descobertas, propõe ações positivas para si e para os outros. Procura caminhos não percorridos, crê que pode mudar o mundo, quer ser protagonista, o autor de sua história e do ambiente onde vive (DOLABELA, 2008).

Empreender não está somente baseado no fato de ter uma empresa, ele pode atuar nas mais diferentes áreas, como: educação, medicina, pesquisa, direito, arquitetura, engenharia, serviço social, distribuição, artes e órgãos públicos (DOLABELA, 2008; HISRICH; PETERS; SHEPHERD, 2009).

O interesse pelo tema empreendedorismo iniciou com uma abordagem econômica e depois comportamentalista, visando entender o empreendedor como pessoa. Nesta linha comportamental pode ser citado como precursor Weber, mas o principal destaque foi David McClelland (DIAS; SOUZA NETO; BOAS, 2010), a partir da década de 50, com o estudo da ascensão e declínio das civilizações. A descoberta mais relevante dele foi quanto à necessidade de realização, a qual foi base do estudo com os empreendedores (FILION, 1999).

Com o resultado de seus estudos, McClelland desenvolveu a teoria das características comportamentais empreendedoras (CCEs), composta por dez características divididas em três categorias (McCLELLAND, 1972). A primeira categoria e a que tem mais características é a realização (McCLELLAND, 1972), nela estão as seguintes características:

a) Busca de oportunidades e iniciativa: faz as coisas antes de solicitado ou das circunstâncias, age para expandir o negócio a novas áreas e aproveita oportunidades fora do comum;
b) Correr riscos calculados: avalia alternativa e calcula riscos deliberadamente, age para reduzir os riscos ou controlar os resultados e coloca-se em situações desafiantes ou riscos moderados;
c) Persistência: age diante de um obstáculo, muda de estratégia a fim de enfrentar um desafio e faz sacrifício pessoal ou desenvolve um esforço extraordinário para completar uma tarefa;
d) Exigência de qualidade e eficiência: encontra maneiras de fazer as coisas melhor, mais rápido ou mais barato; age para satisfazer os outros ou excedam aos padrões e desenvolve ou utiliza procedimentos para assegurar que o trabalho seja entregue a tempo;
e) Comprometimento: assume responsabilidade pessoal pelo desempenho para atingir metas e objetivos; colabora com os empregados ou se coloca no lugar deles, esmera-se em manter os clientes satisfeitos e coloca em primeiro lugar a boa vontade a longo prazo, acima do lucro a curto prazo.

A segunda categoria é o planejamento, que tem três características apresentadas na sequência:

a) Busca de informações: dedica-se pessoalmente na obtenção de informações, investiga coisas necessária para realizar o que deseja e consulta especialista para obter assessoramento;
b) Estabelecimento de metas: estabelece metas e objetivos que são desafiantes e com significado pessoal, claros, específicos, de curto e longo prazo;
c) Planejamento e monitoramento sistemáticos: planeja dividindo tarefas e subtarefas com prazos definidos; constantemente revisa seus planos, mantém registros financeiros e utiliza-os para tomar decisões.

Por fim a categoria de poder, com duas características:

a) Persuasão e redes de contato: utiliza estratégias deliberadas para influenciar ou persuadir os outros; utiliza pessoas-chave para atingir objetivos, age para desenvolver e manter relações comerciais;
b) Independência e autoconfiança: busca autonomia em relação a normas e controles de outros; mantém seu ponto de vista mesmo com oposição ou com resultados desanimadores; expressa confiança para completar uma tarefa difícil ou para enfrentar um desafio.

A necessidade de realização é a mais forte das três categorias, esta é a primeira a ser identificada entre os empreendedores bem sucedidos e as pessoas que buscam realização procuram mudanças em suas vidas e buscam formas para realizá-las (McCLELLAND, 1972). Com os diferentes estudos do comportamento empreendedor é possível descrever se uma pessoa tem ou não as características e aptidões mais comumente encontradas em empreendedores, mas ainda não foi possível estabelecer um perfil psicológico absolutamente científico do empreendedor (FILION, 1999). Ainda, de acordo com pesquisa realizada por Carneiro et al. (2008, p. 6), um outro autor que realizou pesquisa sobre características empreendedoras foi Timmons (1977), em que ressalta que os empreendedores possuem as seguintes características: impulso e energia, autoconfiança, forte comprometimento, dinheiro, persistência na solução de problemas, definem metas, correm riscos calculados, lidam com falhas, fazem feedback, tomam iniciativa e assumem responsabilidades, usam recursos, competem com seus próprios padrões impostos, autocontrole e, por fim, tolerância para ambiguidade e incerteza.

São várias as características e estudos referentes ao empreendedor e sobre as características empreendedoras, no entanto, é notório nas pesquisas que o autor McClelland é tido como referência, visto que o mesmo é pioneiro em estudos relacionados a características comportamentais empreendedoras. Dessa forma, a pesquisa se utiliza dos estudos realizados por McClelland para construção e análise dos dados.

### 2.2 Educação empreendedora

Dolabela coloca, ainda em 1999, que trabalhar com empreendedorismo na universidade é uma forma de convidar os alunos para que estes possam realizar seus desejos e se sintam motivados para o aprendizado e também para a vida. A educação empreendedora é um processo que visa o desenvolvimento do ser humano para que ele possa identificar e aproveitar oportunidades e transformar em realidade, o que poderá a médio e longo prazo contribuir para a geração de valores financeiros, sociais e culturais para o meio onde está inserido (ANDRADE; TORKOMIAN, 2001, p. 3).

Vanevenhoven (2013) argumenta que a educação superior pode integrar a formação do empreendedor, sendo assim as IES têm papel importante, uma vez que podem fomentar a atividade empreendedora trazendo impactos positivos para a educação, e também para a economia, sociedade e política.

Para Zampier e Takahashi (2014) o ensino do empreendedorismo pode auxiliar pode fazer com que as características empreendedoras sejam aprimoradas.

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O artigo tem uma abordagem quantitativa, que segundo Marconi e Lakatos (2012) nada mais é do que o delineamento e análise do assunto de forma precisa, através de controles estatísticos, fornecendo dados para a verificação e desenvolvimento do estudo. Quanto ao objetivo a pesquisa se caracteriza como descritiva, este tipo de pesquisa busca descrever as características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relação entre variáveis (GIL, 2002). Ainda de acordo com Gil, são inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário. Dessa forma a coleta de dados foi realizada por meio do questionário criado por David McClelland (1972) para mensurar as características comportamentais empreendedoras (CCEs). A escolha baseou-se no fato dele ser no componente curricular empreendedorismo e pelo autor ter sido um grande pesquisador do assunto e "[...] pela grande utilização deste instrumento de coleta de dados em estudos científicos já publicados" (CAMARGO, 2005, p. 77).

Este instrumento tem cinquenta e cinco afirmativas, para cada uma delas o respondente deve atribuir uma pontuação de 1 a 5, sendo que 1 equivalente a "nunca" ter tal comportamento, 2 "raras vezes", 3 "algumas vezes", 4 "usualmente" e 5 "sempre" ter este comportamento. A resposta deve ser dada considerando o que o respondente é no momento em que está respondendo e não como gostaria de ser. O instrumento também conta com uma tabela para fazer a tabulação dos dados, a qual apresenta fatores de correção, para que não ocorra a supervalorização das CCEs no preenchimento, ajustando os valores das respostas. Este fator é aplicado quando na soma das questões 11, 22, 33, 44 e 55, se os valores ficarem de 20 a 21 é subtraído 3 pontos em todas as outras somas, de 22 a 23 é subtraído 5 e de 24 a 25, 7 pontos. McClelland (1972) apontou que, como as questões do instrumento são subjetivas, elas refletem o momento em que se encontra o respondente, no caso deste estudo, os acadêmicos estão em sua primeira semana de aula do novo semestre de cursos de bacharelado em uma instituição de ensino superior localizada no norte do Rio Grande do Sul.

O instrumento foi do tipo auto aplicado, no qual o pesquisado responde diretamente no questionário impresso, sem a intervenção do pesquisador (GIL, 2002). Os alunos receberam os questionários na sala de aula de forma impressa, os responderam e os devolveram. Nenhum questionário foi descartado na análise. Após a coleta, os participantes recebem os seus resultados em seu e-mail e um compilado dos resultados foi apresentado para a turma, bem como a metodologia e as características comportamentais empreendedoras. As vantagens deste instrumento é que ele identifica as características do perfil empreendedor, tem tabela de autocorreção, permite comparação e facilita a identificação. As desvantagens são por ter sido idealizado para os Estados Unidos, há mais de quarenta anos e não foi mais atualizado e é extenso (CAMARGO, 2005). Após a aplicação, os dados foram inseridos em uma planilha de cálculo e nela foram realizados cálculos de estatística descritiva.

A população do estudo são os acadêmicos da disciplina de Empreendedorismo de uma IES pública, das seis ofertadas entre 2014 a 2018. O estudo foi realizado em forma de censo, neste caso a coleta ocorre com todos os integrantes da população (GIL, 2002). A Tabela 1, apresenta a população do estudo.

Tabela 1. Identificação da população

| Ano/Semestre | Quantidade de alunos respondents | Percentual |
|---|---|---|
| 2014-2 | 37 | 19,8 |
| 2015-1 | 48 | 25,7 |
| 2015-2 | 22 | 11,8 |
| 2016-2 | 25 | 13,4 |
| 2017-2 | 18 | 9,6 |
| 2018-1 | 37 | 19,8 |
| Total | 187 | 100,0 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Na sequência são apresentados e analisados os resultados do estudo.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A apresentação dos dados ocorreu de forma a responder aos objetivos específicos propostos. Assim, primeiramente é verificado se há diferença entre gêneros em relação à CCEs. Como resultado, constatou-se que 102 alunas, ou seja, um total de 54,5 % das respondentes era do sexo feminino, representando a maior parte da amostra. Com relação à quantidade de estudantes por semestre letivo, constata-se que o semestre 2015.1 foi o que apresentou maior número de alunos, essas informações estão evidenciadas conforme Tabela 2. Já em relação, aos alunos é possível verificar que o semestre 2018.1 foi o semestre que houve maior número de respondentes do sexo masculino (22). No ano de 2016.2 teve a maior representação masculina, 76%, perante aos demais semestres estudados.

Tabela 2. Distribuição de gênero por semestre

| Sexo | Ano/Semestre | | | | | | | | | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2014-2 | | 2015-1 | | 2015-2 | | 2016-2 | | 2017-2 | | 2018-1 | | |
| Feminino | 20 | 54,1% | 29 | 60,4% | 17 | 77,3% | 6 | 24% | 15 | 83,3% | 15 | 40,5% | 102 |
| Masculino | 17 | 45,9% | 19 | 39,6% | 5 | 22,7% | 19 | 76% | 3 | 16,7% | 22 | 59,5% | 85 |
| Total | 37 | 100% | 48 | 100% | 22 | 100% | 25 | 100% | 18 | 100% | 37 | 100% | 187 |

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 3 apresenta os dados de cada uma das CCEs com relação os gêneros em cada semestre pesquisado.

Tabela 3. CCEs de cada gênero por semestre.

| CCEs | Média McClelland | 2014.2 | | 2015.1 | | 2015.2 | | 2016.2 | | 2017.2 | | 2018.1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | F | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | M |
| Busca de oportunidades | 15 | 18 | 17 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 16 | 17 | 17 |
| Persistência | 15 | 18 | 17 | 16 | 16 | 17 | 17 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 16 |
| Comprometimento | 15 | 20 | 19 | 19 | 18 | 20 | 18 | 19 | 19 | 21 | 18 | 20 | 18 |
| Exigência de qualidade | 15 | 17 | 17 | 18 | 17 | 17 | 17 | 18 | 17 | 19 | 19 | 17 | 17 |
| Correr riscos calculados | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 15 | 18 | 15 |
| Estabelecimento de metas | 15 | 19 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 | 19 |
| Busca de informações | 15 | 19 | 18 | 19 | 18 | 19 | 19 | 21 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 |
| Planejamento | 15 | 17 | 17 | 17 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 15 | 18 | 17 |
| Persuasão | 15 | 15 | 15 | 17 | 15 | 16 | 17 | 16 | 16 | 17 | 13 | 17 | 16 |
| Independência | 15 | 17 | 18 | 18 | 17 | 17 | 18 | 16 | 16 | 17 | 15 | 17 | 18 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Há diferença não é significativa entre os gêneros, embora as alunas tenham no geral resultados um pouco maior que os meninos, um ou dois pontos. Na turma 2015.1 há uma pequena vantagem das estudantes, em oito das dez CCEs, ficando empatados em persistência e correr riscos calculados. Em 2016.2 no item busca de informações houve uma pontuação um pouco maior das alunas. O ano que houve mais diferenças foi em 2017.2, sendo que isto pode ser ocorrido, por menos alunos terem respondido ao questionário. Nesta aplicação, as meninas se sobressaíram em sete das dez características, sendo que no planejamento e persuasão a diferenças foram as mais significativas, de três e quatro pontos respectivamente. Em 2018.1 a característica que teve mais diferenças entre meninos e meninas foi o de correr riscos calculados, na qual as meninas obtiverem 18 e os meninos 15 pontos.

O segundo objetivo específico era identificar em qual dos grupos de CCEs os acadêmicos estão mais desenvolvidos. A Tabela 4 mostra que em todas as CCEs os acadêmicos estão acima dos 15 pontos que são indicados por McClelland (1972) como o mínimo para determinar que a pessoa tenha aquela CCE desenvolvida.

Tabela 4. Média das CCEs por semestre

| | CCEs | Média McClelland | 2014.2 | 2015.1 | 2015.2 | 2016.2 | 2017.2 | 2018.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Realização** | Busca de oportunidades | 15 | 17 | 17 | 17 | 16 | 17 | 17 |
| | Persistência | 15 | 17 | 16 | 17 | 15 | 16 | 16 |
| | Comprometimento | 15 | 19 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 |
| | Exigência de qualidade | 15 | 17 | 17 | 17 | 16 | 18 | 16 |
| | Correr riscos calculados | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| | **Média da categoria** | | **17,2** | **17** | **17,4** | **16,4** | **17,4** | **16,8** |
| **Planejamento** | Estabelecimento de metas | 15 | 19 | 19 | 19 | 18 | 18 | 19 |
| | Busca de informações | 15 | 19 | 18 | 19 | 19 | 19 | 18 |
| | Planejamento | 15 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| | **Média da categoria** | | **18,3** | **18,0** | **18,3** | **18,0** | **18,0** | **18,0** |
| **Poder** | Persuasão | 15 | 15 | 16 | 16 | 15 | 16 | 16 |
| | Independência | 15 | 17 | 17 | 18 | 16 | 16 | 17 |
| | **Média da categoria** | | **16** | **16,5** | **17** | **15,5** | **16,0** | **16,5** |

Fonte: Dados da pesquisa.

Verifica-se que os dados das seis turmas pesquisadas não apresentam diferenças significativas de um semestre para o outro dentro de cada característica. Os seis grupos pesquisados não apresentam uma característica que se sobressaia muito perante as demais, as que ficaram com maior pontuação foram: comprometimento, estabelecimento de metas e busca de informações, as duas últimas que fazem parte da categoria Planejamento. Isto pode ser pelo fato deles estarem no meio acadêmico e terem que estar em busca de informações de forma constante e planejar suas atividades, principalmente se estiverem envolvidos com pesquisa. Com menor pontuação, porém sem ainda ficar abaixo dos quinze pontos estabelecidos por McClelland como mínimo, foram persuasão, da categoria de Poder, e correr riscos calculados, da categoria Realização. Observou-se que não há nenhuma turma ou característica que tenha pontuação próxima ao máximo que é 25 pontos. Analisando as três categorias que agrupam estas CCEs, a que apresenta a maior média é a de Planejamento, em todos os semestres pesquisados.

Fazendo uma análise descritiva destes dados, apresentada na Tabela 5, verifica-se que mesmo a média não tendo variação significativa, pode ser observado que os valores de mínimo e máximo têm variação de até 17 pontos, o que é significativo e demonstra que há alguns estudantes que ainda não conseguem atingir o mínimo em algumas CCEs. A que ficou com maior variação foi busca de informações, seguida de busca de oportunidades e persistência com 16, demonstrando que não há uniformidade nos perfis dos estudantes. As que ficaram com menos distância entre mínimo e máximo foram correr riscos calculados (11 pontos) e planejamento (12 pontos).

Tabela 5. Descrição dos dados

| CCEs | N | Mínimo | Máximo | Média | Desvio padrão |
|---|---|---|---|---|---|
| Busca de oportunidades | 187 | 8,00 | 24,00 | 17,3048 | 2,88640 |
| Persistência | 187 | 10,00 | 23,00 | 16,6952 | 2,35964 |
| Comprometimento | 187 | 11,00 | 25,00 | 19,2513 | 2,62452 |
| Exigência de qualidade | 187 | 10,00 | 25,00 | 17,3155 | 2,97696 |
| Correr riscos calculados | 187 | 11,00 | 22,00 | 16,2353 | 2,24285 |
| Estabelecimento de metas | 187 | 11,00 | 25,00 | 19,3850 | 3,03765 |
| Busca de informações | 187 | 8,00 | 25,00 | 18,9893 | 2,64573 |
| Planejamento | 187 | 11,00 | 23,00 | 17,3797 | 2,62744 |
| Persuasão | 187 | 7,00 | 23,00 | 16,0214 | 2,50367 |
| Independência | 187 | 9,00 | 24,00 | 17,3369 | 2,64755 |

Fonte: Dados da pesquisa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As instituições de ensino superior têm papel primordial no desenvolvimento dos seus acadêmicos, bem como no desenvolvimento de suas competências e aptidões que serão aplicadas durante a vida profissional, pois estas são em boa parte desenvolvida dentro das instituições de ensino. Dessa forma, o ensino do empreendedorismo e o desenvolvimento das CCEs devem ser estimulados no ambiente acadêmico, pois são fundamentais para os futuros profissionais das mais diferentes áreas.

O objetivo do estudo foi alcançado, embora tenha limitações por ter estudado um grupo de alunos de uma única instituição de ensino superior, porém os dados são de seis semestres, completando cinco anos de coleta de dados consecutivos, o que demonstra que os resultados obtidos não é algo específico de uma só turma. Sugere-se que este estudo seja replicado para outras instituições e de diferentes áreas de formação.

## 6. REFERÊNCIAS

Andrade, R. F.; Torkomian, A. L. V. 2001. "Fatores de influência na estruturação de programas de educação empreendedora em Instituições de Ensino Superior". *Encontro de Estudos Sobre Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas - EGEPE*, 2, 2001, Londrina. Anais ... Paraná. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/rad/article/view/v18i1.12727/19431

Camargo, M. S. G. de. 2005. "Fundador versos sucessor: estudo comparativo das características comportamentais empreendedoras dos empresários de empresas familiares do município de Chapecó-SC". 141 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Regional de Blumenau, Programa de Pós-graduação em Administração.

Carneiro, P. D, P; Machado, M. A. S; Alves, R. D; Salim, M. "Metodologia Fuzzy Aplicada Para Predição Do Comportamento Empreendedor". *XXXII Encontro da ANPAD*. EnANPAD. Rio de Janeiro. 2008.

Dias, T. R. F. V., Souza Neto, S. P. de. e BOAS, A. A. V. 2010. "Características comportamentais empreendedoras relevantes: estudo de caso dos ganhadores do prêmio TOP Empresarial 2007". *Anais do VI Encontro de estudos sobre empreendedorismo*. Recife. 16 mar. 2017. Disponível em: http://www.anegepe.org.br/edicoesanteriores/recife/EMP103.pdf.

Dolabela, F. C. 2008. "Oficina do empreendedor: a metodologia do ensino que ajuda a transformar conhecimento em riqueza". Rio de Janeiro: Sextante.

_____. 1999. "Oficina do empreendedor". São Paulo: Ed. de Cultura.

Filion, L. J. 1999. "Empreendedorismo: empreendedores e proprietários - gerentes de pequenos negócios". *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*. São Paulo, v.34, n.2, p.05 - 28, abril/ junho. 16 mar. 2017. Disponível em: 200.232.30.99/download.asp?file=3402005.pdf.

Gil, A. C. 2002. "Como elaborar projetos de pesquisa". 4. ed. São Paulo: Atlas.

Hisrich, R. D., Peters, M. P. e Shepherd, D. A. 2009. "Empreendedorismo". 7. ed. São Paulo: Bookman.

Holienka, M., Holienková, J. e Gál, P. 2015. "Intrepreneurial characteristics of students in different fields of study: a view from entrepreneurship education perspective". *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. v. 63, n. 6.

Marconi, M. de A; Lakatos, E. M. 2012. "Técnicas de pesquisa". 7. ed. São Paulo: Atlas.

McClelland, D. C. 1972. "A sociedade competitiva: realização e progresso social". Rio de Janeiro: Expressão e Cultura.

Vanevenhoven, J. 2013. "Advances and challenges in entrepreneurship education". *Journal of Small Business Management*. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jsbm.12043. Acesso em: 20 ago. 2018.

Zampier, M. A.; Takahashi, A. R. W. "Competências e aprendizagem empreendedora em MPE's educacionais". *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, v. 8, n. 3, 2014.

## 7. ANÚNCIO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# O NÚCLEO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA COMO FERRAMENTA PROPULSORA DA P&D NA UNIVERSIDADE

**Simone Gasperin de Albuquerque**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim/RS
salbuquerque@uri.com.br

***RESUMO.*** *A inovação decorre de um processo complexo de interações entre diversos agentes sociais, dentre os quais a atuação da universidade vem sendo considerado cada vez mais relevante. No Brasil, inspirada na Lei de Inovação Francesa e no Bayh-Dole Act e visando maior segurança jurídica das interações Universidade-Empresa, entrou em vigor a Lei nº 10.973/2004 – a Lei de Inovação, que estabelecia que Núcleos de Inovação Tecnologia deveriam ser criados para fomentar ações em torno da gestão e expansão da Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia. Impulsionadas por diretrizes de uma concepção de instituição empreendedora, as universidades têm procurado estabelecer mecanismos que ofereçam a melhor gestão de sua propriedade intelectual e afinem o relacionamento com parceiros externos ao ambiente acadêmico. Este trabalho objetiva difundir o conhecimento e o entendimento desse público-alvo, a comunidade universitária, da importância e relevância do papel do NIT na Universidade. Observou-se que o NIT é conhecido e, em muitos casos, já está implementado através de documentos oficiais, porém sendo o seu uso ainda restrito. A perspectiva é estimular uma discussão reconhecendo a importância deste órgão para a implementação efetiva do P&D, bem como das inovações que trazem, em sua maioria, avanços tecnológicos o que possibilitaria uma evolução qualitativa e quantitativa para o ensino superior no país. Para isso, a pesquisa utilizou o método indutivo, usando revisão bibliográfica e exame documental.*

***Keywords:*** *Inovação. Universidade. Núcleo de Inovação Tecnológica. Pesquisa. Desenvolvimento.*

## 1. INTRODUÇÃO

A ciência, o Estado e a sociedade sofreram significativas transformações nos últimos tempos, o que implicou na necessidade de uma reorganização, já que o conhecimento científico trouxe um novo paradigma econômico para a sociedade. Os países vêm sendo, contemporaneamente, frente a um processo econômico globalizado, pressionados a reestruturar suas organizações, principalmente em relação à inserção da ciência e da tecnologia no mercado global.

O século XXI é o século do conhecimento, sintetizado na expressão "economia baseada no conhecimento". Tal expressão foi cunhada para descrever a tendência crescente da dependência do conhecimento e da informação, fatores dominantes do crescimento econômico dos países do G7 e das dinâmicas dos padrões do comércio internacional contemporâneo. (Castro, 2011)

Esse papel estratégico do conhecimento concorreu para o aumento dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), educação e treinamento, e de outros ativos intangíveis que cresceram nas últimas décadas e na maioria dos países mais rapidamente do que os investimentos físicos (OECD, 1995).

Para as empresas, as atividades de P&D passaram a ser consideradas fundamentais para ampliar a capacidade de absorção e utilização de novos conhecimentos de todos os tipos, tornando-as mais inovadoras, mais produtivas e mais bem-sucedidas do que as que não investem na geração de inovações.

## 2. A INOVAÇÃO: UM PROCESSO COMPLEXO

Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) são temas que se relacionam na medida em que podem compartilhar elementos de uma mesma base teórico-conceitual, cujo significado recai sobre a importância da presença, preferencialmente contínua, de recursos materiais e humanos. E nesse sentido, o agrupamento desses recursos pode significar a reunião de tipos de conhecimentos diferentes.

Nesta perspectiva de análise, a Ciência é "um conjunto de conhecimentos racionais, certos ou prováveis, obtidos metodicamente, sistematizados e verificáveis, que fazem referência a objetos de uma mesma natureza". (Ander-Egg, 1993, p. 15)

Ainda no mesmo sentido, a Ciência é considerada como uma atividade que pressupõe "a existência e o funcionamento no tempo de conjuntos articulados de recursos humanos, materiais e informacionais – em que estes

últimos representam 'a herança dos antecessores' – situados num espaço físico dado, constituído pelas instituições científicas". (Sáenz; Capote, 2002, p. 9)

De outra parte, a Tecnologia é a ciência da técnica ligada a um âmbito social relacionado à evolução histórica da sociedade humana, onde a técnica é o reflexo da capacidade do homem de solucionar problemas. (Pinto, 2005)

Contudo os resultados, isto é, as consequências positivas esperadas, ocorrem onde há difusão do progresso tecnológico entre os agentes e no próprio comércio interno dos países (Matias-Pereira, 2011).

O processo de inovação necessita, não apenas de diferentes agentes com competências e características distintas, mas, notadamente, de uma dimensão ampla que perpassa níveis, evidenciando-se que há um equívoco e uma limitação na ideia binária de "ser ou não ser inovador", pois a apreensão da inovação está ligada a questão de nível ou fase, da mais simples até a mais complexa. (Figueiredo, 2015)

É, portanto, pertinente reconhecer a inovação como um processo com distintos graus de dificuldades que, supostamente, pode ser iniciado em fases diferentes, ou seja, desde uma simples cópia à atividade de P&D. A atividade inovativa é um processo com várias singularidades e diferentes etapas, em que não há garantia de que os resultados serão favoráveis ou lucrativos, diante dos investimentos realizados, fazendo com que seja uma atividade tida como de risco.

Por outro lado, a "atividade complexa" não caracteriza *per si* a inovação, e sim, todo o conhecimento aplicado no processo, que também pode advir de práticas e conhecimentos organizados, tanto de viés científico, quanto técnico, fazendo com que um novo produto ou processo seja, efetivamente, levado ao mercado para comercialização, ou que ocorra alguma aplicabilidade de uma das "atividades inovadoras" (Figueiredo, 2015).

Mediante a perspectiva de que a inovação tem um alcance amplo, ou seja, um alcance econômico e social, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), estabeleceu em seu Manual de Oslo, que inovação é "a implantação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de *marketing*, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas" (OCDE, 2005, p. 55).

A OCDE possui um conjunto de documentos metodológicos que tratam de indicadores de CT&I que formam a *Família Frascati*, a saber: o Manual de *Frascati* (OCDE, 2002), que trata de elementos de P&D, publicado originalmente em 1963; os Manuais de *Oslo* (OCDE, 2005), que orienta e padroniza conceitos, metodologias e construção de estatísticas e indicadores de pesquisa de tecnológica nos países e o de *Balanço de Pagamentos Tecnológicos* (OCDE, 1990) para exames envolvendo transações de intangíveis; o Manual *Estatístico de Patentes* (OCDE, 2009); e, o Manual de *Canberra* (OCDE, 1995), que contempla análises sobre recursos humanos.

As atividades de inovação podem ser de caráter científico, tecnológico, organizacional, financeiro e comercial, e implicam no estabelecimento de mudanças.

O conceito de Inovação sofreu alterações ao longo do tempo, em decorrência da influência do quanto do conhecimento tornou-se acessível em função das rápidas mudanças nos meios de comunicação e nas tecnologias de informação, como na diminuição dos custos de processamento de dados. (Marques; Abrunhosa, 2005)

Ressalta-se que fica evidente uma tênue fronteira entre essas três áreas: ciência, tecnologia e inovação. Sinalizando, que todas possuem, em alguma medida, um importante significado e alcance econômico e social.

## 3. O NÚCLEO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: A INSERÇÃO DE UM NOVO ATOR

As mudanças ocorridas nas áreas de Ciência, Tecnologia e Inovação convergem em ações que têm contribuído tanto para avançar a fronteira do conhecimento quanto para promover o desenvolvimento nacional de diversos países (Conde; Araújo-Jorge, 2003).

Há cada vez mais a intensificação das atividades de inovação com a participação e a inserção de novos atores, que assumem papéis complementares e tangentes, como instituições de ensino e pesquisa, *startups*, incubadoras e parques tecnológicos. (Albuquerque, 2006)

Neste diapasão, foi promulgada no Brasil a Lei nº 10.973, de 02 de dezembro de 2004, regulamentada pelo Decreto nº 5.563, de 11 de outubro de 2005, a Lei de Inovação, que trouxe com a Lei nº 13.243 de 2016, um novo marco legal para a ciência, tecnologia e inovação.

A Lei de Inovação trouxe disposições sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica. Essa norma instituiu, no âmbito das instituições públicas de ensino e pesquisa, a obrigatoriedade de serem criados e mantidos em funcionamento os seus Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), que podem ser exclusivos ou compartilhados, responsáveis por gerir a política institucional de inovação, proteção da propriedade intelectual e transferência de tecnologia (Brasil, 2004).

Posteriormente, com a promulgação da Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, conhecida como Novo Marco Legal da CT&I, ficou prevista, dentre outras questões, novas possibilidades aos Institutos de Ciência e Tecnologia e aos NITs, numa tentativa de incrementar as relações Universidade-Governo-Empresa (Brasil, 2016a).

Observa-se que com tais leis estar-se-á ante um panorama normativo nacional favorável a procurar impulsionar relações de interação. Todavia, no âmbito dos NITs, observa-se um distanciamento entre os seus atores, reflexo da falta

de interação entre eles e das escassas ações conjuntas. Junto a isso, fatores históricos, políticos e econômicos também são apontados como causas desse movimento inverso do NITs (Caçador; Grassi, 2013).

### 3.1 A Formação dos Escritórios de Transferência de Tecnologia

A tecnologia é a chave para alcançar o desenvolvimento econômico do país. Para isso, é necessário um forte investimento de longo prazo em pesquisas tecnológicas e na formação de recursos humanos capacitados.

O desenvolvimento tecnológico é um dos caminhos para se atingir uma posição competitiva no panorama global. Talvez, uma das alternativas seja a soma dos esforços dos setores públicos e privados visando aprimorar a capacitação tecnológica como uma possibilidade para promover o desenvolvimento econômico e social e incentivar o processo de inovação (Terra, 2001).

A transferência de tecnologia entre organizações pode ser traduzida como a transferência de conhecimentos técnicos necessários para realização de um processo ou para a concepção de um novo produto. Tal transferência pode ocorrer de diversas maneiras: através do comércio de bens, investimentos estrangeiros, aquisição de máquinas, através do licenciamento de tecnologias e contratos de *know-how*. Observa-se que o know *how* é constituído por conhecimentos técnicos, os quais, acumulam-se após terem sidos obtidos através de experiência e ensaios, colocando aquele que o adquire em posição de destaque. (Barbosa, 2010).

Toma-se como definição de conhecimento um conjunto de informações sobre determinado tema, consolidado e aceito por todos e constituindo a base dos sistemas educacionais. A transferência deste conhecimento é realizada pela via da informação, através da observação dos fatos e de experiências pessoais. Já a definição de tecnologia contempla a aplicação sistemática do conhecimento, na prática de tarefas e na tentativa de solucionar problemas, para isso, envolvendo os ativos intangíveis que assumem a posição de fator de produção.

As Universidades e as empresas são os atores fundamentais na geração de conhecimento e tecnologia.

Numa digressão histórica, observou-se que, na Idade Média, as Universidades, no seu início, tinham como principal missão a geração de mão de obra e conhecimento para a sociedade. Este conhecimento era fortemente avaliado e censurado pelo autoritarismo do Clero (Garnica; Torkomian, 2009).

As Universidades Alemãs e Norte Americanas, já no século XIX, adotaram um novo modelo de geração de conhecimento, incorporando as pesquisas científicas como principal atribuição.

Gize-se que, no início do século XXI, este modelo despertou o interesse do setor produtivo, sendo um grande parceiro no fomento às pesquisas dentro das Universidades, uma vez que o fundo de incentivo a pesquisa nos EUA entrou em profunda recessão (Etzokowisk, 2004).

Para o setor produtivo, a principal vantagem desta aproximação era manter uma ligação com a selecionada área de pesquisa e, desta forma, usufruir de todo o conhecimento, habilidades tecnológicas e mão de obra qualificada que, posteriormente era absorvida pelos laboratórios internos da empresa. (Fujino; Stal, 2004).

Em contrapartida, os ganhos das Universidades com esta interação vinham através do apoio financeiro prestado pelas empresas. Grande parte deste apoio era utilizado no pagamento de bolsas aos pesquisadores e na modernização dos laboratórios. (Terra, 2001)

Desta forma, a partir da promoção do fomento da pesquisa pelo setor produtivo era gerada uma competição e o fortalecimento de grupos científicos nas instituições de ensino. Com o tempo, a proteção científica ganhou valor de destaque através dos mecanismos de proteção da Propriedade Industrial (marcas, patentes, desenho industrial, *know how*, etc) ou através da criação de novas empresas inseridas nos modelos de incubação e *spin off*. (Ferraz; Teixeira, 2015)

Oportuno esclarecer que o *Spin-off* é o processo de geração de novas empresas a partir de organizações existentes (Empresas, Universidade, Centros de Pesquisa etc). Modelos de inovação como *open innovation*, permitem que a empresa utilize tecnologias por fontes internas e externas, buscando a constante maximização do retorno do investimento em inovação e oportunidades de negócios. (Ferraz; Teixeira, 2015)

A incorporação desta prática juntamente com a nova missão das Universidades foi denominada de Segunda Revolução Acadêmica. (Etzokowisk, 2004).

Em diversos países, as políticas tecnológicas enfatizaram a criação de programas de cooperação entre os setores público e privado para estimular os esforços, reduzir riscos e maximizar os resultados da capacitação cientifica constituída localmente. Esses esforços incentivaram as parcerias entre universidades, institutos de pesquisa e empresas. (Garnica; Torkomian, 2009)

Apoiados por esta política e inseridas dentro de uma nova concepção de Universidade, foram criadas estruturas departamentais capazes de gerenciar as relações entre o setor universitário e as empresas. Esses departamentos tinham como missão primordial a gestão dos ativos intangíveis e o processo de transferência de tecnologias. Tais departamentos foram denominados de Escritórios de Transferência de Tecnologia (ETT's) (Terra, 2001).

O NIT é, por assim dizer, a versão brasileira das Oficinas de Transferência de Resultados de Pesquisa das Universidades da Espanha e de Escritórios de Transferência de Tecnologia ou de Licenciamento dos EUA. (Cadori, 2013, p. 220)

Os primeiros ETT's foram criados nos Estados Unidos ainda no século XX, inicialmente nas Universidades de *Wisconsin at Madison* (1925), na Universidade do Estado de Iowa (1935) e no *Massachusetts Institute of Technology* – MIT (1940). Porém, marco legal que alavancou o surgimento dos ETT's nas Universidades dos EUA foi a promulgação em 1980 da Lei *Bayh-Dole Act*, que favoreceu o patenteamento e apropriação dos pedidos de patentes pelas Universidades e Centros de Pesquisa Norte Americanos. (Garnica; Torkomian, 2009)

A Lei *Bayh-Dole Act* permitiu às Universidades patentearem e licenciarem, com exclusividade, invenções financiadas por fundos federais. Uma pesquisa realizada em 1990 pela *Association of University Tecnology Managers*, comprovou que, após dez anos de promulgação desta lei, os pedidos de patentes das Universidades cresceram 238% e os acordos cerca de 161%. (Thursby; Thursby, 2003)

Considerado um marco para a transferência de tecnologia nos EUA. A ideia básica era a de que as universidades se constituíam em fontes de invenções, mas as empresas só estariam dispostas a investir nestas invenções para transformá-las em produtos se tivessem como se apropriar dos retornos dos investimentos em P&D. Assim, se a universidade patenteasse e licenciasse com exclusividade as invenções, as empresas teriam mais incentivos a investir, aumentando o total de invenções acadêmicas no mercado (Póvoa, 2008, p. 42).

A Lei *Bayh-Dole Act* criou uma política uniforme permitindo às Universidades manterem seus direitos de titularidade sobre quaisquer ativos intelectuais desenvolvidos internamente. Deste então, este modelo de interação vem sendo trabalhado, incentivado e aperfeiçoado continuamente. (Thursby; Thursby, 2003)

O sucesso é observado através dos investimentos aplicados, pelo aumento do número de patentes depositadas, pela criação das empresas *star-up* e pelo crescente número de licenças concedidas. É oportuno esclarecer que as *star-up* são empresa ou negócio (produto ou serviço) de base tecnológica que nasce com ideia inovadora e está em busca de um modelo de negócio escalável. Estas empresas, recém-criadas, estão em fase de desenvolvimento e pesquisa no mercado, trabalhando em um ambiente de extrema incerteza sobre o resultado do mercado. (Signori et al., 2014)

A partir do *Bayh-Dole* e inspirado no movimento promovido por ele, o Brasil promoveu três edições do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT I, II e III) composto por diferentes Subprogramas, dentre os quais, o Subprograma de Tecnologia Industrial Básica (TIB).

O PADCT foi criado em 1984 pelo Governo Brasileiro, sendo definido como um instrumento complementar de implementação da política de fomento à C&T, visando não só ao aumento quantitativo do apoio financeiro à pesquisa, como também a introdução de novos critérios, mecanismos, procedimentos e formas indutivas de apoio, com a definição de áreas prioritárias. (Castro; Prescott, 1997. p. 15-22).

E foi neste contexto que foram criados os Núcleos de Informação Tecnológica que compunham a Rede de Núcleos de Informação Tecnológica Industrial (NITI), Núcleos de Apoio ao Patenteamento (NAP) e Escritórios de Transferência de Tecnologia (ETT) em algumas ICT brasileiras. Observa-se que, nas três edições do PADCT, foram desenvolvidas estratégias e iniciativas pelo Governo Federal que deram origem aos atuais NITs. (Pires et al., 2017)

Destaca-se que as ICTs são organizações que desempenham papel-chave na constituição dos sistemas de inovação, sendo consideradas promotoras do desenvolvimento social e econômico, tendo o NIT, um papel mediador, com a função de estreitar ligações entre as ICTs e as organizações públicas e privadas. O Núcleo necessita desenvolver capacidades que lhe permitam entender e satisfazer as necessidades desses dois setores, que possuem objetivos, linguagens e modos de operação diferentes, mas que são complementares dentro do processo de inovação. (Andrade et al., 2017)

Descobriu-se que a formação das Universidades brasileiras ocorreu somente na primeira metade século XX, sendo a maioria delas criadas através da justaposição de instituições de ensino superior já existentes, como exemplo, a integração das Faculdade de Medicina, Faculdade de Direito e Escola Politécnica criando a Universidade do Brasil – atual Universidade Federal do Rio de Janeiro. Apesar de integradas formando uma Universidade, a administração era em formato de "ilhas isoladas", não havendo integração. Além disso, mantinha-se como herança cultural a geração de mão de obra para a sociedade. (Fávero, 2006).

No decorrer dos anos, apesar do sucesso de algumas parcerias, como a do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) e a PETROBRAS, ainda se observava uma carência de informações que demonstrasse quais as necessidades tecnológicas do setor produtivo, bem como a ausência de um sistema organizacional que criasse parcerias duradouras entre a universidade e as empresas. Estes são motivos que justificavam a criação dos escritórios de Transferência de Tecnologias, nas instituições brasileiras. (Rapini, 2007)

A interação entre as Universidades, os Centros de pesquisa e as empresas, geralmente ocorre de forma nebulosa e imprecisa. A importância de um canal que codifique as informações para uma forma clara e precisa, que entenda as necessidades tecnológicas do setor produtivo e crie um sistema organizacional que permita vínculo continuo entre esses atores, são apenas algumas das necessidades que justificam a criação dos Escritórios de Transferência de Tecnologia (ETT's) nas Universidades e Centros de Pesquisa. (Rapini, 2007)

A Lei de Inovação foi o marco legal fundamental para gestão do conhecimento gerado nas Universidades e Instituições de Públicas de pesquisa. (Garnica; Torkomian, 2009)

A partir da publicação da Lei nº 10.973, de 02/12/2004, conhecida como Lei da Inovação, e de seu decreto regulamentador nº 5.563, de 11/10/2005, proliferaram nas Instituições Científicas Tecnológicas do Brasil, definidas

como órgãos ou entidades da administração pública que tem por missão institucional, dentre outras, executar atividades de pesquisa básica ou aplicada de caráter cientifico ou tecnológico, os chamados Núcleos de Inovação Tecnológica.

Embora já existissem, antes da referida lei, em muitas Universidades, estruturas similares é fundamental ressaltar que 52,5% dos núcleos foram criados a partir de 2005, demonstrando a grande importância da mencionada legislação nas atividades de gestão do conhecimento, no estimulo à proteção das criações, ao licenciamento, à inovação e à transferência de tecnologia e pela interface entre ICT e empresa. (Garnica; Torkomian, 2009)

A partir da promulgação da Lei de Inovação, os NIT's passam a ter fundamental importância dentro das ICTs, pois são eles que realizam a proteção do conhecimento produzido, a avaliação do ativo intangível, sua valoração e a comercialização (transferência de tecnologia). Nesse sentido, as boas práticas de gestão tornam-se cada vez mais essenciais para o cumprimento do novo papel das universidades.

### 3.2 O panorama dos NITs no cenário brasileiro atual

O NIT deve atuar como um articulador do Sistema Local de Inovação, demonstrando de forma sistêmica a capacidade de interlocução e interação com as demais instâncias de promoção da inovação existentes em suas instituições e com o ambiente externo. (Quintella et al., 2014, p.13)

Desta forma, desde 2010, a fim de propiciar o acompanhamento destas atividades e a evolução do trabalho dos NITs, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), tem coletado informações dos Núcleos, por meio do Formulário para Informações sobre a Política de Propriedade Intelectual das Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação do Brasil (FORMICT), cuja criação prevista no art. 17, da Lei de Inovação, definiu a prestação anual de informações, por parte das ICTs públicas, de dados relativos às políticas de propriedade intelectual e transferência de tecnologia.

O formulário, cujas informações traduzem-se numa das fontes mais importantes de dados sobre os NITs, foi preenchido por 278 instituições no ano-base 2016 sendo que destas, 193 eram públicas e 85 privadas. (Brasil, 2017)

O Relatório FORMICT também apresenta dados referentes aos recursos humanos atuantes nos NITs e, sobre esse aspecto, dentre as principais dificuldades, destacam-se a falta de um quadro permanente de funcionários capacitados em gestão da inovação e PI e a inexistência de uma carreira específica para atuação destes profissionais, de forma que a superação de tais dificuldades é fundamental para a consolidação dos Núcleos. Estes problemas, comuns nos NITs, muitas vezes, faz com que suas atividades sejam desenvolvidas por bolsistas, terceirizados, ou estagiários os quais, embora capacitados, acabam saindo e não dando continuidade aos trabalhos já desenvolvidos. (Pires; Quintella, 2015, p. 181)

Deve-se ressaltar que a questão dos recursos humanos para os NITs tem sido debatida nos fóruns da área de CT&I, todavia, não houve avanços nesse sentido, nem mesmo a partir do novo Marco Legal, sendo que este último também não trouxe novidades quanto à carreira para os Núcleos. (Pires et al., 2017)

No que se refere à formação dos recursos humanos existentes nos NITs, o que se observa por meio do Relatório FORMICT é que a maioria é composta por engenheiros, químicos e físicos (21,5%), administradores e economistas (16,9%). Os profissionais da área jurídica correspondem a 9,8%, biólogos 7,1%, da área de comunicação social 3,5% e as demais formações correspondem a 41,2%. (Brasil, 2016b)

O Relatório FORMICT aponta para um crescimento contínuo, tanto dos NIT quanto da implementação da política de inovação desde a instituição de obrigatoriedade destes Núcleos. No entanto, a institucionalização e a consolidação dos mesmos ainda permanecem como desafios do processo de inovação no Brasil.

A maioria dos NITs é de criação recente e tem número reduzido de pedidos de patente. Tal situação pode ser decorrente de uma estratégia mais seletiva com relação à proteção mas, mais provavelmente, decorre do pouco tempo transcorrido desde sua criação, o que faz com que os procedimentos internos ainda estejam em definição e as suas equipes ainda passem por um aprendizado sobre a proteção da propriedade intelectual acrescida do desafio de sensibilizar a comunidade dos pesquisadores, principalmente no caso das universidades, sobre a importância da proteção. (Garnica; Torkomian, 2009, p. 36).

Resta claro que há ainda muito trabalho a ser feito, tendo em vista que as ICTs exercem um papel essencial, adicionando a sua função acadêmica de ensino e pesquisa, os aspectos ligados à sensibilização desta comunidade quanto ao tema, proteção, divulgação e licenciamento/comercialização das tecnologias desenvolvidas no âmbito interno das Universidades.

## 4. CONCLUSÃO

É importante serem destacados os três perfis de atuação para os NITs a saber, o legal, o administrativo e o de negócios. A principal função do primeiro é a de regulação e formalização, sendo fortemente influenciado pelo departamento jurídico da ICT, responsável por dizer se é possível, ou não, depositar patente, formalizar convênios, dentre outras ações. O segundo perfil – o administrativo - vê a atuação do NIT como um processo administrativo de aprovações e encaminhamentos para concretizar as assinaturas dos convênios e contratos referentes à interação ICT-Empresa. O terceiro perfil está interessado no desenvolvimento de negócios a partir dos resultados da pesquisa. Seus

profissionais entendem a dinâmica da inovação, conhecem o mercado, sabem dos desafios para a formação e o crescimento de empresas baseados em conhecimento, assim como a natureza da pesquisa acadêmica e empresarial. Essa caracterização é didática e, na prática, cada um contém uma parcela dessas três categorias, sendo que cada vez mais as ICTs estão buscando adequar seus NITs para atuarem mais de acordo com o modelo de desenvolvimento de negócios. (Lotufo, 2009, p. 55)

Percebe-se, porém, que não existe um modelo preestabelecido de NIT que garanta o sucesso dos projetos de transferência de tecnologia e que o que se observa é a criação de diversos órgãos nas ICT que têm como missão a ordenação da atividade acadêmica da produção e da transferência do conhecimento. (Terra, 2001, p. 02)

Entretanto, conclui-se que o projeto de parceria entre Universidade e empresa deve iniciar pelo NIT, resguardando-se os direitos da Universidade, ou ICT, quanto à titularidade dos ativos intangíveis e seus possíveis ganhos financeiros advindos com a exploração econômica dele.

Destacando-se que uma importante atribuição do NIT é a prospecção de tecnologias internas da instituição, para em seguida trabalhar na divulgação e posterior transferência de tecnologia às empresas.

Neste sentido, as práticas de gestão através dos NITs tornam-se cada vez mais essenciais para o cumprimento do novo papel das Universidades ou ICT's no âmbito da P&D.

## 5. REFERÊNCIAS

Albuquerque, Eduardo da Motta. Sistemas nacionais de inovação e desenvolvimento. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais.* Ano 5, nº 10, outubro de 2006. UFMG Diversa. Disponível em: <https://www.ufmg.br/diversa/10/artigo4.html>. Acesso em: 27 ago. 2018.

Ander-Egg, Ezequiel. *Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales*. 23. ed. Buenos Aires: Magisterio Del Río de la Plata, 1993.

Andrade, Herlandí de Souza; Soto Urbina, Ligia Maria; Chagas Junior, Milton de Freitas. Processos para a admissão da propriedade intelectual em um núcleo de inovação tecnológica. *Revista ESPACIOS*. ISSN 0798 1015 Vol. 38 (Nº 18) Año 2017, p. 29. Disponível em: < http://www.revistaespacios.com/a17v38n18/a17v38n18p29.pdf> Acesso em: 04 ago. 2018.

Barbosa, Denis Borges. *Uma introdução à propriedade intelectual*. Lumen Juris. 2010. Disponível em: < http://www.denisbarbosa.addr.com/arquivos/livros/umaintro2.pdf#page=3&zoom=auto,-265,742> Acesso em: 30 jul. 2018.

Brasil. Lei nº 10.973, de 02 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências**.** *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 03 dez. 2004 Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm>. Acesso em: 05 mar. 2018.

Brasil. Lei nº 13.243, de 16 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera a Lei no 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei no 6.815, de 19 de agosto de 1980, a Lei no8.666, de 21 de junho de 1993, a Lei no 12.462, de 4 de agosto de 2011, a Lei no 8.745, de 9 de dezembro de 1993, a Lei no 8.958, de 20 de dezembro de 1994, a Lei no 8.010, de 29 de março de 1990, a Lei no 8.032, de 12 de abril de 1990, e a Lei no 12.772, de 28 de dezembro de 2012, nos termos da Emenda Constitucional no 85, de 26 de fevereiro de 2015. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 11 jan. 2016a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm#art2>. Acesso em: 05 mar. 2018.

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. (MCTI) *Formulário para informações sobre a Política de Propriedade Intelectual das Instituições Científicas e Tecnológicas do Brasil – FORMICT 2014*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2015. Dipsonível em: < http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/inovacao/propriedade_intelectual/arquivos/Relatorio-Consolidado-Ano-Base-2014.pdf> Acesso em: 04 ago. 2018.

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. (MCTIC) *Formulário para informações sobre a Política de Propriedade Intelectual das Instituições Científicas e Tecnológicas do Brasil – FORMICT 2015*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações, 2016b. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/inovacao/propriedade_intelectual/arquivos/Relatorio-Consolidado-Ano-Base-2015.pdf> Acesso em: 06 ago. 2018.

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. (MCTIC) *Formulário para informações sobre a Política de Propriedade Intelectual das Instituições Científicas e Tecnológicas do Brasil – FORMICT 2016*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações, 2017. Disponível em: < http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/inovacao/propriedade_intelectual/arquivos/Relatorio-Consolidado-Ano-Base-2016.pdf> Acesso em: 06 ago. 2018.

Cadori, Aluizia Aparecida. *A Gestão do Conhecimento Aplicada ao Processo de Transferência de Resultados de Pesquisa de Instituições Federais de Ciência e Tecnologia para o setor produtivo: processo mediado pelo Núcleo de Inovação Tecnológica.* 2013. Dissertação (Doutorado Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do

Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2013. 465 p. Disponível em: < http://btd.egc.ufsc.br/wp-content/uploads/2013/07/Alu%C3%ADzia-Aparecida-Cadori.pdf> Acesso em: 30 jul. 2018.

Caçador, Sávio Bertochi; Grassi, Robson Antonio. A situação da economia do espírito santo no início do século XXI: um estado desenvolvido e periférico? *Revista geografares*, n. 14, p. 107-132, 2013. Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/4105/3927>. Acesso em: 25 ago. 2018.

Castro, Augusto César Batista de. *Ordem e Governança Econômica no Pós-Guerra Fria*: Do G7 ao G20. Prof. Orientador Dr. Eduardo Viola. 388 f: en Tese (doutorado) - Universidade de Brasília, 2011. Disponível em: < http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10485/3/2011_AugustoCesarBatistaCastro.pdf> Acesso em: 02 ago. 2018.

Castro, Luiz Antonio Barreto de; Prescott, Elianne. O impacto do PADCT na química e engenharia química. *Química Nova*, São Paulo, v. 20, n spe, p. 15-22, Dez.1997. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421997000700004&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 05 ago. 2018.

Conde, Mariza Velloso Fernandez; Araujo-Jorge, Tania Cremonini. Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. *Ciência & Saúde Coletiva* [on line], v.8, n.3, 2003, p.727-741. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232003000300007>. Acesso em: 24 ago. 2018.

Etzkowitz, Henry. *The evolution of the entrepreneurial university. International Journal Technology and Globalization*, v.1, n.1, p. 64-77, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/235410022_Evolution_of_the_Entrepreneurial_University> Acesso em: 04 ago. 2018.

Fávero, Maria de Lourdes de Albuquerque. *A Universidade no Brasil*: das origens à Reforma Universitária de 1968. Educar, Curitiba, n. 28, p. 17 - 36, Editora UFPR. 2006. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/er/n28/a03n28.pdf> Acesso em: 30 jul. 2018.

Ferraz, Anaynna de Moura; Teixeira, Rivanda Meira. *A criação de spin-offs corporativos*: relação com a organização-mãe na perspectiva dos recursos. Revista Alcance. Eletrônica. vol. 22 n. 2 abr./jun. 2015. p. 243-261. Disponível em: < https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/ra/article/viewFile/4861/pdf> Acesso em: 30 jul. 2018.

Figueiredo, Paulo. N. *Gestão da Inovação*: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

Fujino, Asa; Stal, Eva. Gestão da propriedade intelectual na universidade pública brasileira: diretrizes para licenciamento e comercialização. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 23., 2004, Curitiba, *Anais*.Curitiba: USP/PGT, 2004. p. 912-927.

Garnica, Leonardo Augusto; Torkomian, Ana Lúcia Vitale. *Gestão de tecnologia em universidades*: uma análise do patenteamento e dos fatores de dificuldade e de apoio à transferência de tecnologia no Estado de São Paulo. Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 4, p. 624-638, out.-dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v16n4/a11v16n4.pdf> Acesso em: 04 ago. 2018.

Lotufo, Roberto de Alencar. A institucionalização de Núcleos de Inovação Tecnológica e a experiência da Inova Unicamp. *In*: Santos, Marli Elizabeth Ritter dos; Toledo, Patrícia Tavares Magalhães de; Lotufo, Roberto de Alencar (Org.). *Transferência de tecnologia*: estratégias para a estruturação e gestão de núcleos de inovação tecnológica. Campinas: Komedi, 2009. p. 41-73. Disponível em: < https://www.inova.unicamp.br/sites/default/files/documents/Livro%20Transferencia%20de%20tecnologia_0.pdf> Acesso em: 27 ago. 2018.

Marques, Alfredo.; Abrunhosa, Ana. Do modelo linear de inovação à abordagem sistémica-aspectos teóricos e de política económica. *CEUNEUROP Discussion Papers*, v. 33, 2005. Disponível em: <http://www4.fe.uc.pt/ceue/working_papers/abrun33i.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2018.

Matias-Pereira, José. Política de ciência, tecnologia e inovação: uma avaliação da gestão do sistema de proteção à propriedade intelectual no Brasil. *Independent Journal of a Management &Production (IJM&P)*, v.2, n. 2, p.44-74, 2011. Disponível em: <http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/24/24>. Acesso em: 27 ago. 2018.

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). *OECD Patent Statistics Manual.* Paris: OECD Publishing, 2009. 158 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264056442-en>. Acesso em: 03 jul. 2018.

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). *Manual de Oslo*: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Tradução Flávia Gouveia. [S. l.]: OCDE; FINEP, 2005. 184 p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0026/26032.pdf >. Acesso em: 03 jul. 2018.

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). *Frascati Manual*: proposed standard practice for surveys on research and experimental development. Paris: OECD Publishing, 2002. 256 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/19900414>. Acesso em: 03 jul. 2018.

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). *The Measurement of Scientific and Technological Activities*: Manual of the Measurement of Human Resources Devoted to Science and Technology

(S&T) – The Canberra Manual. Paris: OECD Publishing, 1995. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264065581-en>. Acesso em: 02 ago. 2018.

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). *Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data*: TBP Manual. Paris: OECD Publishing, 1990. 82 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264065567-en>. Acesso em: 02 ago. 2018.

Pinto, Álvaro Vieira. *O Conceito de Tecnologia*. v. 1. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

Pires, Edilson Araujo. Quintella, Cristina Maria Assis Tavares. *Política de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia na Universidades: Uma Perspectiva do NIT da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia*. *In*: HOLOS, Ano 31, vol.6, p. 178-194, 2015. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/3600/1222> Acesso em: 30 jul.2018.

Pires, Edilson Araújo; Andrade, Rafael; Quintella, Cristina Maria. *Como as organizações de fomento à pesquisa e à inovação têm apoiado a criação e consolidação dos Núcleos de Inovação Tecnológica*? Uma análise dos editais federais de apoio à transferência de tecnologia e à propriedade intelectual no Brasil. Cad. Prospec., Salvador, v. 10, n. 3 p. 462-478, jul./set. 2017. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/viewFile/23221/23221> Acesso em: 27 ago. 2018.

Póvoa, Luciano Martins Costa. *Patentes de universidades e institutos públicos de pesquisa e a transferência de tecnologia para empresas no Brasil*. 2008. 153 f. Tese (Doutorado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/AMSA-7FBNZ5/luciano_p_voa_2008.pdf?sequence=1> Acesso em: 30 jul. 2018.

Quintella, Cristina Maria. Segundo, Gesil S. Amarante; ALVES, Vívian. ROCHA, Washington Franca. *Planejamento dos Sistemas Locais de Inovação*. ENAPID/PROSPECT&I. Salvador, BA. 2014. 34 slides. Disponível em:<http://www.portaldainovacao.org/uploads/fckeditor/file/PLANEJAMENTO%20DOS%20SISTEMAS%20LOCAIS.pdf> Acesso em: 27 ago. 2018.

Rapini, Márcia Siqueira. Interação universidade-empresa no Brasil: evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq. *Estudos Econômicos.* [online]. 2007, vol.37, n.1, pp.211-233. ISSN 0101-4161. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-41612007000100008&script=sci_abstract&tlng=pt> Acesso em: 27 ago. 2018.

Sáenz, Tirso W.; Capote, Emilio García. *Ciência, inovação e gestão tecnológica*. Brasília: CNI, 2002.

Signori, Gláuber Guilherme; Martins, Amilton Rodrigo de Quadros; Junior, Moacir da Silva; Kalil, Fahad; Capelari, Márcia Rodrigues. *Startup e inovação*: inovando na forma de pensar e decretando o fim das velhas ideias. XXIV Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas. Belém, 2014. Disponível: <http://www.anprotec.org.br/Relata/ArtigosCompletos/ID%20107.pdf> Acesso em: 04 ago. 2018.

Terra, Branca. *A transferência de tecnologia em universidades empreendedoras*: um caminho para a inovação tecnológica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

Thursby, Jerry G.; Thursby, Marie C. University Licensing and the Bayh-Dole Act. *Science*, 22 August 2003. Disponível em: < http://science.sciencemag.org/content/301/5636/1052> Acesso em: 29 jul. 2018.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

A autora é a única responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia de Produção: Gestão de Projetos, Produtos e Serviços

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# GERENCIAMENTO DE PROJETOS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

**Tainara Volan**
**Renata Rech de Souza**
**Alessandra Tais da Costa**
**Rafael Petri Zanardo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
tainaravolan@gmail.com; renatarechdesouza@gmail.com; alee_tais_f@hotmail.com; rafael.zanardo@hotmail.com

***Resumo.*** *A Quarta Revolução Industrial está transformando as profissões, modificando-as ou excluindo do mercado, bem como surgindo outras para atender as necessidades da sociedade. Desse modo, algumas atuações têm como característica a gestão de projetos, que também é atingida, sendo necessário conhecimentos, avaliações, atividades e processos mais condizentes com as rupturas da Revolução Industrial. Devido a isso, o presente artigo tem como objetivo a aplicação de um questionário a diferentes gestores de projetos, de modo a identificar como é realizado as atividades que compõem um gerenciamento.*

***Palavras-chave:*** *gerenciamento de projeto, indústria 4.0, inovação*

## 1. INTRODUÇÃO

As necessidades de sobrevivência das organizações atuais confrontam as exigências das rupturas trazidas pela Quarta Revolução Industrial - Indústria 4.0, as quais são constatadas na atualidade socioeconômica e nos novos paradigmas e desafios lançados nos diferentes processos de gestão, como inclusive, nos processos de Gestão de Projetos, associando o que já existe e o que se faz necessário ser implantado, para a melhor performance e obtenção de resultados de sucesso (SILVA FILHO; SEQUEIRA, 2017).

Alinhado à necessidade de unir os benefícios da Indústria 4.0 com os processos de gestão, Tupa, Simota e Steiner (2017) realizaram pesquisas que envolvem o gerenciamento de riscos relacionado ao conceito da Indústria 4.0. Como resultado mostrou-se necessário uma infraestrutura e manuseio adequado para as informações, já que os riscos mais comuns estão relacionados à segurança da informação.

Albers *et al.* (2016), por meio de um estudo de caso e com foco em sistemas de controle de qualidade na Indústria 4.0, obtiveram a conclusão da necessidade de etapas de integração dentro e fora da empresa, pelo fato de existirem etapas com fluxos de documentos e informações percorrendo o processo. Dessa forma, desenvolveu-se uma metodologia para sistematização de fornecimento de informação, a qual baseia-se em todas as restrições impostas, bem como as interfaces dentro da rede de valor.

Diante dos estudos apresentados, o presente trabalho possui como objetivo identificar possíveis mudanças no gerenciamento de projetos, relacionados à Indústria 4.0. Para tanto, fez-se o uso de um questionário aplicado a diferentes gestores de projetos, buscando verificar a importância do gerenciamento de projetos, atuando frente aos projetos inovadores vindos da Indústria 4.0, bem como seus desafios no contexto atual em que a sociedade está vivendo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Quarta Revolução Industrial

Nos últimos anos, países vêm enfrentando crises econômicas severas, incluindo o Brasil. Tendo em vista o atual cenário das indústrias brasileiras, mesmo com a crise, elas devem se manter competitivas. A busca pela otimização dos processos produtivos e atualização das tecnologias de produção podem ser caracterizadas como uma das maneiras de se alcançar tal objetivo. Alinhado a isso, em 2011 na Alemanha surgiu um novo modelo de indústria, que atualmente é tido como a 4ª Revolução Industrial, o qual denomina-se de Indústria 4.0 e surge não apenas como um modelo de atualização de máquinas e processos, mas como um modelo estratégico para mudar os paradigmas da estrutura produtiva vigente (DOCE; GOMES, 2017).

Durante a feira de Hannover em 2011, na Alemanha, o governo alemão a partir de um projeto de estratégias voltado à tecnologia elaborou as primeiras preposições sobre a Indústria 4.0. O grupo responsável pelo projeto, composto por

Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Kagermann (Acatech), em 2012, apresentou o primeiro relatório de recomendações, e em 2013, durante a Feira de Hannover, publicou-se um trabalho final sobre o desenvolvimento da indústria 4.0 (DOCE; GOMES, 2017).

Para Hamel e Prahalad (1995) as organizações necessitam utilizar da inovação para sobreviver, ou seja, fazer uso das novas tecnologias para diminuir custos de produção e adequar-se a novos mercados, criando produtos e serviços. As novas áreas tecnológicas possibilitam o surgimento de novos mercados e de empresas altamente inovadoras.

Apresenta-se como preocupação dos governos, a possibilidade do aumento do desemprego acarretado pela Indústria 4.0, devido ao novo modelo de fábrica utilizar a automatização da linha de produção onde seu controle será feito por robôs e máquinas dotadas de sensores (IoT) que possibilitam a comunicação entre elas, ou seja, todo trabalho repetitivo será feito por máquinas. No entanto, a indústria continuará necessitando de profissionais, mas com capacitação específica, que terão que desenvolver habilidades que não se aprende em sala de aula, ou seja, ter uma formação multidisciplinar, essa capacidade será cada vez mais valorizada, pois com os processos mais eficientes, os funcionários poderão pensar em formas de cada vez mais gerar riquezas (REIS; HASAN, 2018).

A Quarta Revolução Industrial trouxe avanços tecnológicos que estão mudando o mundo, as empresas, os produtos e o mercado de trabalho. A inteligência artificial e robótica, internet das coisas e a impressora 3D são exemplos, uma vez que possibilitam avanços significativos nas organizações (REIS; HASAN, 2018).

As Revoluções Industriais podem ser caracterizadas conforme a Fig. 1, a qual demonstra as principais características da evolução da indústria ao longo de tempo.

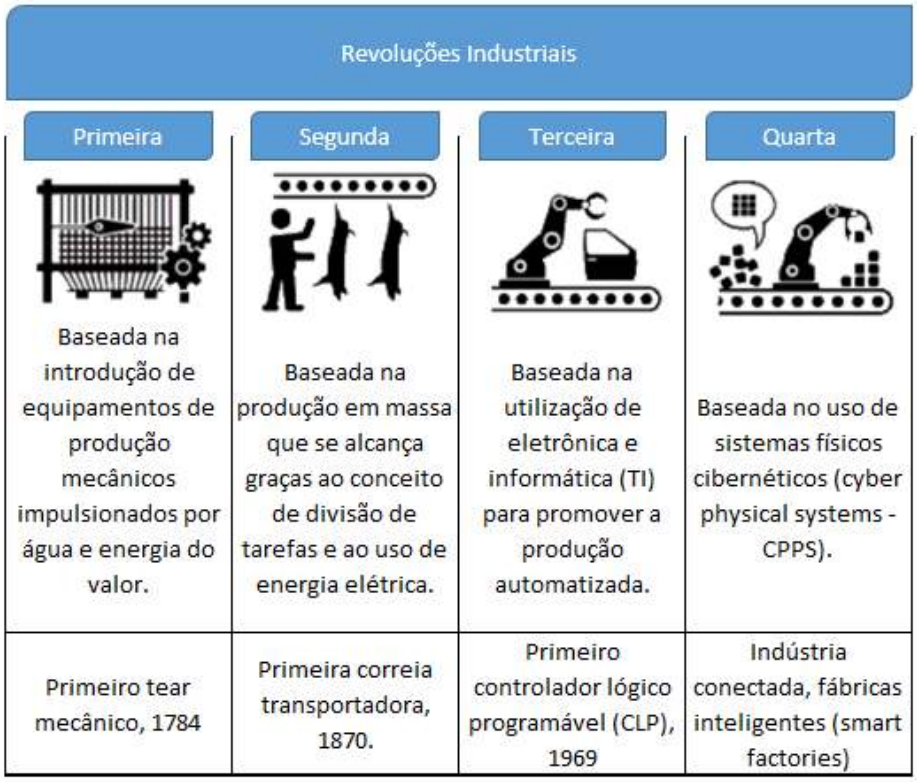



Figura 1. Revoluções Industriais
Fonte: Adaptado de Freitas (2017)

A Quarta Revolução Industrial possui elementos característicos em relação às demais revoluções. As demais revoluções mudaram o modo de fazer as coisas, com o objetivo de tornar mais produtivas as fábricas, no entanto, a quarta revolução apresenta modificações que afetam também, o comportamento humano. Além de trazer consigo questões econômicas, haverá evoluções na genética, fontes de energias renováveis e outras tecnologias (DUQUE; DIAS; FERREIRA, 2018).

Para Freitas (2017), chegar ao conceito de indústria inteligente é necessário ter capacidade de adaptação, eficiência dos recursos e integração de todos os envolvidos do negócio nos processos de criação de valor e estratégia. Nesse sentido, a Indústria 4.0, possui uma base tecnológica constituída de sistemas cibernéticos, Internet das Coisas e *Big Data*, com o uso combinado dessas tecnologias, pretende-se tornar autônomas e mais eficientes as etapas de produção.

Venturelle (2018) propõe cinco passos fundamentais para a adequação das empresas à Indústria 4.0, em unidade produtiva, as quais são:

i) Entender o conceito da Indústria 4.0 e seus impactos;
ii) Analisar a automação existente em sua planta/processo;
iii) Otimizar o processo existente;
iv) Fazer a convergência de dados de sua cadeia produtiva;
v) Implantar as ferramentas da Indústria 4.0 (redesenhar os processos).

Além de perpassar pela automação industrial, ela chega a implantação de uma cultura de produção inovadora.

Para Freitas (2017) a indústria brasileira segue o caminho natural, partindo da otimização de processos, para então, mover-se para aplicações voltadas ao desenvolvimento, a produtos e novos modelos de negócios. A digitalização é o primeiro passo para a indústria entrar nesse novo patamar tecnológico. O principal desafio do país apontado pela pesquisa é aproximar especialistas e indústrias para a ampliação do conhecimento sobre os benefícios que essa revolução pode trazer para a cadeia produtiva.

No entanto, para a adaptação das fábricas a um novo conceito de indústria é necessário se munir de conhecimento e experiência a cerca de como gerir projetos para que alcancem o nível desejado de desempenho.

## 2.2 Gerenciamento de Projetos

Caracteriza-se projeto para Meredith e Mantel (2003), como uma atividade periódica com um conjunto bem definido de almejados resultados finais. Já o Guia PMBOK® 2013, define projeto como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo, onde a natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos (PMI, 2013).

Diante das definições de projeto, o termo gestão, volta-se aos aspectos administrativos, ou seja, são focados os aspectos necessários para a condução de sucesso em atingir os objetivos, como gestão de pessoas, gestão de custo, planejamento estratégico, gestão de escopo, gestão de risco, aplicação da metodologia PDCA, ferramentas eletrônicas, diagrama de GANTT, dentre outros (SILVA FILHO; SEQUEIRA, 2017).

A metodologia de Gestão de Projetos, para Silva (2018), é “a definição, organização e prática de todo o trâmite de acompanhamento e gestão que orienta a execução de um projeto, desde a sua concepção até a conclusão dos trabalhos estabelecidos e a disponibilidade dos produtos às partes interessadas”.

A Gestão de Projetos apresenta três características para a sua realização. A primeira relaciona-se aos processos, passos e atividades que ordenam e estruturam o trabalho a ser realizado. O segundo elemento estabelece ferramentas de suporte, tecnologia e softwares. E o terceiro, os padrões, ou, seja, formulários, relatórios e controles. Esses elementos, ordenados em fases são marcados por entregas especificas (SILVA, 2018).

Para definir um projeto bem-sucedido, Molinari (2010) comenta que é aquele realizado conforme planejado, onde se concluiu dentro do tempo previsto, do orçamento previsto, utilizando os recursos de forma eficientemente sem desperdícios, atingindo a qualidade e a performance do serviço ou produto desejado. Por muitas vezes os motivos da decorrência das falhas advêm-se de mudanças de tecnologias, mudanças organizacionais da empresa, evolução nos preços e prazos e complexidade encontrada no projeto.

Para Silva Filho & Sequeira (2017) percebe-se grandes necessidades de gerar padrões globais, que facilitem o entendimento e aplicação dos processos de gerenciamento de projetos, dessa forma as Instituições Internacionais dos Processos de Gestão de Projetos, possuem processos compilados onde apresentam-se as suas particularidades implícitas quanto a definição de projetos, mas confluem na determinação de prazos, junto aos processos e etapas das atividades, identificando os ciclos operacionais de acordo com os objetivos planejados.

Ainda segundo Silva Filho & Sequeira (2017), diversos aspectos do gerenciamento de projeto são condizentes com o pensamento da própria organização, que são guiadas por exemplos e experiências da organização, a qual a partir disso desenvolvem uma proposta metodológica própria e linguagem padronizada. No entanto, deve-se ter atenção a modelos padrões e previsíveis, pois no decorrer do processo, diante da dinâmica de mudanças de mercado e da alta velocidade de atualizações da tecnologia, esse processo, com o intuito de garantir a condução do projeto com sucesso pode se tornar falho, e até de certo modo ultrapassado.

Em um estudo de Shenhar e Dvir (2010), formulou-se uma planilha para orientação da avaliação das dimensões que abrangem o sucesso de um projeto, os quais podem ser classificados em eficiência, impacto no ambiente, impacto na equipe, sucesso comercial e direto e preparação para o futuro. Na Fig. 2 cada dimensão está detalhada.

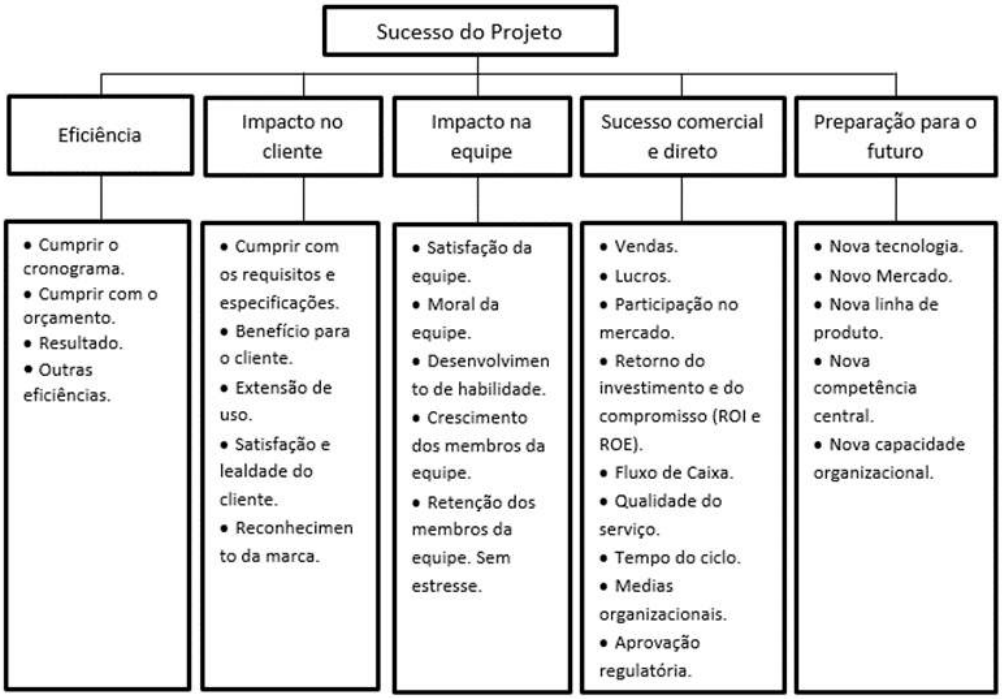



Figura 2. Medidas Específicas de Sucesso
Fonte: Shenhar & Dvir (2010)

Contudo os mesmos autores afirmam que há particularidades junto aos objetivos do projeto, e existe a necessidade de adicionar dimensões de sucesso para projetos específicos, particularizando os itens de avaliação de acordo com cada organização (SHENHAR & DVIR, 2010).

## 3. METODOLOGIA

Primeiramente o desenvolvimento do presente trabalho efetua-se pela pesquisa bibliográfica, com um levantamento geral sobre o assunto em discussão (LAKATO; MARCONI, 2003). Posteriormente, realizou-se um estudo de caso, que segundo Yin (2010), permite que os investigadores retenham as características significativas dos eventos da vida real, os processos organizacionais e administrativos, as relações industriais e a maturação das indústrias.

Esta pesquisa realizou-se com diferentes profissionais que em algum momento de sua carreira profissional, gerenciaram projetos, nesse escopo insere-se líderes de desenvolvimento de novos produtos e serviços, engenheiros que atuam na área de gestão da manutenção e profissionais com atuação em melhoria contínua de projetos fabris, a idade dos entrevistados é de 20 a 35 anos, sendo 60% do sexo masculino. Desse modo formulou-se um questionário padrão para aplicação a esta amostra de profissionais, conforme segue:

1. Qual foi a motivação inicial para o projeto?
2. Houve pesquisas de mercado para dar início ao projeto?
3. O apoio da gerência sempre foi presente? A ideia partiu da gerência?
4. Como se deu a fase de planejamento do projeto? Houve uma visão geral de planejamento?
5. Como realizou-se o gerenciamento do tempo?
6. Como realizou-se o gerenciamento dos custos?
7. Como realizou-se o gerenciamento da qualidade?
8. Como realizou-se o gerenciamento das pessoas?
9. Como se deu o gerenciamento da comunicação entra os envolvidos/interessados no projeto?
10. Como realizou-se o gerenciamento de riscos?
11. Como se deu o gerenciamento das aquisições necessárias para o desenvolvimento do projeto?
12. Como é a estrutura organizacional do projeto?
13. Quais as principais dificuldades encontradas no desenvolvimento do projeto?
14. Na sua opinião, como essas dificuldades podem ser resolvidas?
15. O atual projeto abriu/iniciou outros projetos ou ideias de projetos?
16. Qual a contribuição do atual projeto para a Indústria 4.0?
17. Métodos usados no atual projeto podem ser implantados no processo produtivo?

18. O tempo levado para a conclusão do projeto, na sua opinião, foi muito longo?
19. Quais atitudes deveriam ser tomadas para esse tempo diminuir?
20. Houve um envolvimento positivo da empresa/organização perante o projeto?

Tal questionário baseia-se no PMBOK® já que caracteriza as diferentes nuances de um mesmo projeto, de forma que aborde questões desde gerenciamento de tempo e risco, aquisições, qualidade e pessoas. O questionário foi enviado de forma digital (*e*-mail), sendo recebido com as respostas, da mesma maneira, todas as informações mantém-se anônimas de forma a preservar os entrevistados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a obtenção dos questionários, realizou-se uma leitura completa e observação das respostas dadas pelos entrevistados, de forma a unir informações semelhantes e de ressaltar possíveis diferenças. Desse modo, observa-se que 60% teve sua motivação inicial por necessidades da empresa em melhorar os processos produtivos, enquanto 20% foi de atacar um mercado inexplorado na indústria, o restante coube a necessidade de reativação de projetos em pausa. Na maioria dos casos, houve uma pesquisa de mercado antes de dar início ao projeto, como forma de se obter informações do que estava sendo feito e o que poderia ser aplicado no projeto próprio.

Percebe-se, de acordo com os questionários, que há a presença de apoio da gerência e direção nos projetos em estudo. No entanto, não há uma visão clara de todos os entrevistados sobre a fase de planejamento do projeto, identificou-se uma carência dos passos a serem dados no decorrer das atividades, sendo guiados somente pelas necessidades que surgiram ao longo do percurso.

No requisito de planejamento do tempo, dois *softwares* foram citados no questionário, *Trello* e *Project*, bem como o uso de metodologias ágeis como *Scrum* unida ao MVP (*Minimun Viable Product*). A metodologia ágil *Scrum* possui o papel de desenvolver melhorias incrementais ao longo do projeto e a MVP faz uso de melhorias contínuas e incrementais com objetivos de atender as necessidades de usuários finais (HEFLO, 2018), unindo estas duas metodologias é possível seguir uma abordagem abrangente para o desenvolvimento do projeto, seguindo resumidamente cinco fases: analisar a situação atual; avançar rumo ao objetivo; analisar e validar os resultados; fazer ajustes e melhorias e posteriormente reiniciar o ciclo.

O gerenciamento dos custos e das pessoas apresentaram respostas semelhantes, já que as equipes de projetos eram pequenas e multifuncionais, além de se reportarem diretamente a direção da empresa. Os riscos dos projetos foram monitorados e eliminados, em alguns casos tentou-se estabelecer prazos maiores para a entrega das atividades, de modo a ter um tempo extra caso alguma das ações tomadas gerasse prejuízos.

Quanto ao gerenciamento das aquisições, somente 20% dos projetos efetuou um monitoramento sobre os investimentos aplicados ao projeto e efetuou um balanço sobre os novos recursos a serem utilizados traçando um panorama de custo, benefício e *payback*. Os demais ocorreram conforme as necessidades iriam surgindo.

As principais dificuldades encontradas nos desenvolvimentos de projetos foram a organização do tempo e o cumprimento dos prazos. Citou-se também nos questionários a dificuldade da aplicação de teorias, que inclusive pode afetar a cultura da empresa, e a mesma não estar preparado para a inovação projetada ou implantada. Como forma de resolver essas dificuldades encontradas, sugeriu-se capacitações das equipes que possuem envolvimento com os projetos, de forma a ter um melhor desempenho no gerenciamento dos projetos.

Ainda segundo as respostas obtidas, como atitudes que deveriam ser tomadas para uma melhoria no desenvolvimento do projeto citou-se foco e direção sobre o desenvolvimento do produto final em que a empresa está buscando desenvolver, bem como uma melhor organização das atividades e suas alocações para cada integrante do grupo que participa do projeto.

## 5. CONCLUSÃO

Apesar de muitos rumores sobre as transformações no contexto da indústria 4.0, especialistas acreditam que a inteligência artificial virá para agregar o método de trabalho. A grande questão é que a maior parte das pessoas que verão seu emprego desaparecer ainda não possuem as competências necessárias para os trabalhos que surgirão. Desenvolver novas habilidades será essencial para continuar competitivo. Com máquinas fazendo atividades braçais, o trabalhador que terá mantido seu trabalho será aquele que atua com a resolução de problemas, criatividade, imaginação, interação interpessoal e pensamento analítico e crítico. Buscar esses diferenciais demandará esforço individual. Desse modo, caberá ao profissional acompanhar as reviravoltas do mercado, aprendendo sobre as novas tecnologias e prevendo de que maneira poderá contribuir crescer e se adaptar a elas.

É difícil afirmar como o futuro vai parecer ou como as pessoas vão trabalhar, mas é certo de que a tecnologia já é parte essencial no desenvolvimento humano, e que de fato todos devem se preocupar, não com as profissões que irão desaparecer ou surgir com toda essa nova tecnologia, mas sim em como não ser substituído por uma máquina, robô, ou qualquer tecnologia. Para tal, deve-se desenvolver a busca de conhecimentos que vai além da esfera meramente técnica e, portanto, disseminar o conhecimento a respeito da natureza humana, permitir o desenvolvimento humano organizacional será absolutamente fundamental para seu desenvolvimento. Todo o profissional que encontra um

conhecimento e que desenvolve um conhecimento a respeito da natureza humana e do funcionamento comportamental e mental humano possui um diferencial profissional e competitivo, se tornando nessa nova proposta de trabalho um profissional mais eficiente.

Com a aplicação do questionário, o que se percebe é a falta de conhecimento e disciplina para desenvolver projetos, mesmo sendo eles internos ou externos a necessidade da empresa. Sendo importante as empresas também investirem na formação das habilidades gerenciais e de relacionamento de seus líderes de projeto, já que a sua atuação afeta o desempenho dos envolvidos na criação de um novo produto ou otimização de um processo/produto existente.

Sugere-se desenvolver formas de controle dos projetos, não somente sobre o tempo, mas sobre as demais dimensões que influenciam no produto final a ser entregue. Sabe-se que o gerenciamento de projetos, tem sua aplicação nos mais variados segmentos, e que inovar constantemente, seja em melhorias pontuais dentro das organizações, em processos de serviços ou em novos produtos ou serviços lançados no mercado, é o que manterá a empresa competitiva num mundo onde o tempo está acelerado e o que é ótimo hoje amanhã já não é mais.

## 6. REFERÊNCIAS

Albers, A.; Gladysz, B.; Pinner, T.; Butenko, V.; Sturmlinger, T., 2016. " Procedure for defining the systems of objectives in the initial phase of na industry 4.0 project focusing on inteligent quality control systems".

Doce, L. C. e Gomes, P., 2017. "Avaliação do nível de maturidade de uma indústria meal mecânica do noroeste do Paraná com base nos conceios da Indústria 4.0." *Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia de Produção,* Universidade Estadual de Maringá – UEM, Câmpus Sede – Paraná.

Duque, B. E. D.; Dias, L. G.; Ferreira, A. L. F., 2018. "A influência da quarta revolução industrial no papel do administrador". *Revista Universo*, Juiz de Fora, Minas Gerais.

Freitas, A. de A. 2017. "A internet das coisas e seus efeitos na Indústria 4.0." *Trabalho de Conclusão de Curso, Tecnologia em Sistemas de Informação*, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

Hamel, G.; Prahalad, C. K., 1995. "Competindo pelo futuro: estratégias inovadoras para obter o controle do seu setor e criar mercados de amanhã." Rio de Janeiro.

Heflo, 2018. "As metodologias Scrum e MVP podem trabalhar juntas?". Disponível em: https://www.heflo.com/pt-br/inovacao/scrum-mvp/. Acesso em 17 de agosto de 2018.

Lakatos, E. M.; Marconi, M. de A., 2003. "Fundamentos da metodologia científica". *Atlas, 5 edição.* São Paulo.

Meredith, J. R.; Mantel, S. J., 2003. "Administração de Projetos – Uma Abordagem Gerencial. *LTC Editora, 4 edição.*

Molinari, L., 2010. "Gestão de Projetos, Teoria, Técnicas e Práticas." *Editora Érica, 1 edição.*

Reis, J.; Hasan, N., 2018. "Organizações inovadoras que utilizam a Revolução 4.0.". *Interfaces Científicas – Exatas e Tecnológicas*. Aracaju.

PMI, *Project Management Institute*., 2013. "PMBOK Project Management Body of Knowledge".

Shenhar, A.; Dvir, D., 2010. "Reinventando Gerenciamento de Projetos: A abordagem Diamante ao Crescimento e Inovação Bem-sucedidos". M. Books do Brasil Editora Ltda. São Paulo.

Silva, T. F. da., 2018. "Metodologia da Gestão de Projetos". 05 de maio de 2018 <http://pedu.portaleducacao.com.br/sistema/saladeaula/Material/Material.aspx>.

Silva Filho, V. M. da; Sequeira, L. T., 2017. "Gestão de Projetos na Quarta Revolução Industrial – Indústria 4.0." *Pós-Graduação de Gestão de Projetos, Universidade Católica Dom Bosco*.

Tupa, J.; Simota, J. Steiner, F.; 2017. "Aspects of risk management implementation for Industry 4.0." Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Elsevier*. Modena, Itália.

Venturelli, M. 2018. ". Indústria 4.0 – Projeto e Implantação: Diretrizes de projeto e implantação da digitalização da produção de acordo com a Indústria 4.0." 11 de maio de 2018. <https://marcioventurelli.com/2017/07/24/industria-4-0-projeto-e-implantacao/>.

Yin, R. K. 2010., "Estudo de caso: planejamento e métodos". *Bookman, 4 edição*. Porto Alegre.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia de Produção: Gestão de Sistemas de Produção e Operações

REALIZAÇÃO:

URI
ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AJUSTANDO AS FERRAMENTAS DE ESTOQUE PARA UMA EMPRESA DE SERVIÇOS DE BELEZA

**Ariéli de Oliveira**
**Thayne Aparecida de Oliveira Oliveira**
**Jaqueline Varela Maiorka**
**Aline Matuella Ficanha**
Centro de Ensino Superior Riograndense Marau Rio Grande do Sul
arieli.oliveira.maciel@gmail.com
thayne.oliveira@brf-br.com
producao.marau@cesurg.com.br
alineficanha@cesurg.com.br

***Resumo.*** *A importância de uma gestão correta de estoque faz com que uma organização economize dinheiro, e consiga investir ou guardar dinheiro que muitas vezes por uma falha na gestão de estoque evitando compras desnecessárias. O presente trabalho tem como objetivo ajustar as ferramentas de estoque para uma empresa de serviços de beleza, o qual o problema é a falta de gestão de estoques e o trabalho tem como objetivo propor melhorias na lógica de gerenciamento dos estoques de produtos, o método utilizado no foi a implantação da gestão de estoque com Kanban e sistema de duas gaveta. Onde se conclui que o sistema de duas gavetas para uma estética é mais simples e fácil atendendo todos os critérios propostos no objetivo específico.*

***Palavras - chave:*** *gestão de estoque. Kanban. gestão de serviços.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os tratamentos personalizados de beleza movimentam uma parcela significativa da sociedade, onde nas duas últimas décadas o mercado de tratamentos personalizados teve um crescimento de 10% ao ano, fazendo com que centros estéticos invistam e se diferenciem para se destacar neste mercado (Tonederm, 2016).

O setor de beleza no Brasil, mesmo com a atual crise que o pais enfrente vem crescendo mais a cada dia como mostrado pelo G1 (2015), onde aponta que o setor teve um crescimento de 7,5% em seu faturamento, ou seja, R$ 42 bilhões em 2015, e ainda justifica este aumento perante a crise com alternativas buscadas pelos clientes, utilizando marcas e serviços que ‘‘caibam em seu bolso”.

A compra de produtos significa uma parte importante dos custos e lucros das estéticas, pois necessitam desses produtos para prestarem seus serviços, e para suprir a demanda de clientes que querem obter determinado produto usado no salão para ser utilizado em suas residências. Assim estas organizações acabam optando ter um pequeno estoque, às vezes não controlado e planejado, trazendo assim alguns prejuízos como a perda de produtos por prazo de validade ou e até mesmo compra de produtos desnecessários que ficam em estoque em quantidade significativa (Lyrius, 2015).

De acordo com Brito (2010), a busca pela compreensão da gestão de estoques é importante para que as organizações tenham possibilidade de obter melhorias na administração, por que estoques também representam dinheiro, para que não haja excesso e nem falta de produtos.

Este trabalho tem como objetivo geral propor melhorias na lógica de gerenciamento dos estoques de produtos de beleza e remédios naturais utilizados na estética X, facilitando o uso dos produtos (localização e validade), o inventário dos produtos, reduzindo a falta de produto e gestão de materiais de expediente.

Os objetivos específicos são definidos como, implantar gestão visual no estoque de remédios naturais e de beleza, , realizar entrevista com proprietária, aplicar método kanban e sistema de duas gavetas.

## 2. METODOLOGIA

Para que os objetivos fossem alcançados primeiro utilizou-se um questionário para guiar a entrevista com a proprietária da organização X.

Após a entrevista ser analisada, a mesma foi discutida para se entender qual a necessidade da proprietária e o que poderia ser feito.

Alguns dias depois foi feita outra visita a empresa onde se contabilizou cada item do estoque. Após essa contagem de item e seus respectivos valores, esses dados obtidos foram colocados em planilhas para se obter o valor total de estoque. Se optou pela implantação do método gestão de estoque por Kanban e duas gavetas, para que se pudesse fazer uma ánalise entre os dois métodos, e se obtesse qual era mais viável para se utilizar na estética. De acordo com a entrevista (proprietária da estética) não queiz utilizar computador, e nem investir em compra de sistemas ERP.

Ápos os cálculos serem feitos foi apresentado e explicado a proprietária como seria feito a nova gestão. Foi feito um acompanhamento para que se pudesse obter os resultados.

## 2.1 Entrevista

A realização da entrevista foi feita baseada em um questionário impresso visível no Quadro 1, onde uma integrante do grupo fazia a entrevista e a outra integrante redigia as respostas da proprietária.

| | |
|---|---|
| A quanto tempo você está nesse setor de beleza? | Você gostaria de trabalhar com computadores para a gestão de estoque? |
| Quais atividades você exerce? | Você acha que na sua empresa os papéis como carnês de pagamento, agenda de horário podem ser substituídos por computadores? |
| Quantos funcionários trabalham com você? E quais as funções de cada um? | Você que seu espaço está totalmente bem realocado? |
| Como você gostaria de trabalhar no quesito estoque de produtos? | Alguma consideração especial que você gostaria de fazer para o trabalho? |
| Qual a importância da gestão de estoque para você? | já aconteceu do fornecedor atraso de pedidos? |
| Como você faz a gestão de estoque? | Você já perdeu produtos por validade vencidas? |

Quadro 1- Perguntas realizadas na entrevista

Após a realização da entrevista as integrantes do grupo analisaram e discutiram as respostas, para que assim pudessem buscar soluções em literaturas e artigos cientificos, para estudarem e proporem melhorias.

Foi apresentado a proprietária a quantidade de itens que havia em estoque 538 produtos. Segundo momento foi apresentado o valor que havia em estoque R$ 27.061,05 de todos os produtos

## 2.2 Aplicação das melhorias

O primeiro a ser utlizado foi o Kanban, onde se utizou cartões para que se pudesse ser feita a gestão visual proposta no objetivo especifico. Utilizando o calculo proposto por Moura (1989), se utillizou dois kanbans, quando um cartão kanban saia este indicava que a proprietária deveria fazer um novo pedido de mercadorias.

O Segundo aplicado foi o de duas gavetas a formula utlizada para seu calculo foi baseaada em Chiavenato ( 2008), quando uma gaveta se esvazia se utliza a outra e se faz um novo pedido de mercadorias.

### 2.2.1 Gestão de estoque com Kanban

Nesta proposição de melhoria, se baseia no conceito demonstrado por Moura (1989). O método utiliza cartões, como sinalizadores de que o estoque está baixo. Para se quantos kanbans se terá para cada produto, utilizou-se a fórmula mostra por Moura(1989):

$$n= [ DL(1+\alpha)]$$

Onde,
n é o número de kanbans
D é a demanda diária, expressa em contenedores (demanda média/ capacidade contenedor)
L = Lead Time é o tempo necessário para repor um contenedor deste item em particular
$\alpha$ é o fator de segurança, que foi definido em comum acordo com a proprietária da estética
A demanda diária utilizada para o cálculo da estética foi 0,05 (considerando 20 dias)
O lead time utilizado foi de 2 dias
O fator de segurança foi 1,5 (em comum acordo com proprietária)

$$n = [0,05 \times 2 (1 + 1,5)]$$
$$n = 0,15 \text{ (arredondamento para 2)}$$
$$n = 2 \text{ kanbans}$$

O kanban passou a funcionar na estética com produtos com cartões (etiquetas abaixo do produto) , quando o produto fosse utilizado o seu cartão seria retirado e feito um novo pedido deste produto e quando este pedido chegasse seria colocado no lugar vago e inserido um novo cartão e assim sucessivamente com todos os produtos. Para que fosse possível a utilização desse método se utilizou uma prateleira.

Com método kanban se passou a ter 256 itens com uma diminuição de 282 itens do estoque antigo se passando ter R$ 11.829,70 em estoque, ou seja, se utilizando o método kanban se diminuiu R$ 15.231,35 em estoque

### 2.2.2 Duas gavetas

Nesta proposição de melhoria, se baseia no conceito demonstrado por Chiavenato (2008). O método utiliza um armário ou gavetas com duas baias ou para cada produto, onde nestas prateleiras ou gavetas terá etiquetas ou adesivos contendo o produto e o fornecedor, e quantidade que se deverá ser pedida, bem como definindo o espaço para cada produto, suas baias. Avaliando as estruturas disponíveis na estética, optou-se pela utilização das prateleiras já existentes com um sistema de baias para os produtos.

A operação desta proposição, sistema com duas gavetas/baias, consistem em que o pedido de novos pedidos seja feitos após o esvaziamento da primeira baia. Quando este pedido chegar será reabastecido a baia vazia, enquanto se consumirá os produtos da segunda baia contendo os mesmos produtos.

Para definirmos o tamanho do estoque de cada "gaveta" utilizamos a proposição de Chiavenato (2008) onde o tamanho do estoque de cada gaveta é definido pelo consumo, tempo de reposição do fornecedor e coeficiente de segurança. O coeficiente de segurança conforme já discutido anteriormente é de 50%.

Para definir o tamanho da baia foi considerado o tempo de reposição de 15 dias, margem de segurança 50 % (fator multiplicador de 1,5) e consumo identificado durante 15 dias igual a 5 unidades.

Tamanho da baia = 5 unidades x 1,5

Tamanho da baia = 7,5 unidades (arredondar para cima )

Tamanho da baia = 8 unidades

Para definirmos o tamanho do estoque de cada "gaveta" utilizamos a proposição de Chiavenato (2008) onde o tamanho do estoque de cada gaveta é definido pelo consumo, tempo de reposição do fornecedor e coeficiente de segurança. O coeficiente de segurança conforme já discutido anteriormente é de 50%.

O segundo método utilizado foi o de duas gavetas, se explicou também como o mesmo funcionaria, que se utilizou duas gavetas, que contem adesivos grudados onde cada produto fica, a proprietária começa a utilizar a primeira gaveta quando a mesma se esgota ela faz um novo pedido ao fornecedor e utiliza a gaveta 2 e quando esta se esgota faz um novo pedido e volta a utiliza a gaveta 1 e assim sucessivamente.

Após a utilização do método duas gavetas o estoque passou a ter 122 itens, seu valor passou a ser de R$ 6.944,90 em estoque com uma diminuição de R$ 20.116,20.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em primeiro momento os resultados obtidos foi uma gestão visual de fácil entendimento, um ambiente organizado métodos que não demandam muito tempo.

Houve uma grande diminuição de itens em estoque com o observado na Figura 1.

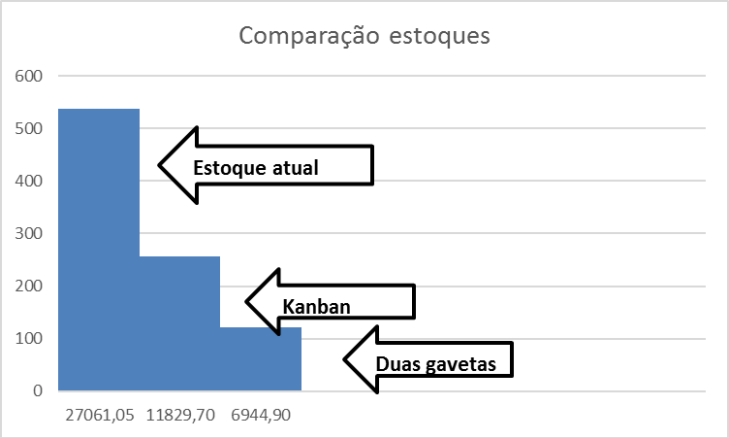


Figura 1- Comparação

Consegue-se observar que o estoque com o método kanban aplicado teve uma diminuição de 282 itens e o sistema de duas gavetas uma diminuição de 416 itens em estoque.
Na figura 2 podemos ver como era a organização da estética antes da aplicação dos dois métodos.

Figura 2 Antes do método Aplicado

Pode -se notar que na Figura - 2 que havia dificuldade para ser feita a gestão e organização dos produtos, onde muitas vezes eram soltos e misturados uns com os outros, a acessibilidade para pegar determinado produto era complicado e dificil, muitas vezes deixando algo cair ou perdendo tempo para retirar os produtos de cima um do outro.

Após a aplicação dos métodos o ambiente se tornou mais organizado e a gestão mais fácil como visto na Figura - 3.

Figura 3 – Depois do método aplicado

O ambiente ficou sem itens soltos, e organizado como proposto nos objetivos especificos. Hoje a acessibilidade para pegar um produto está mais fácil, não perdendo tempo em retirar para que se consiga alcançar o desejado.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois métodos aplicados ambos trouxeram benefícios, o sistema de duas gavetas é de utilização mais simples e fácil entendimento para uma estética do que o kanban.

O sistema de duas gavetas se tornou muito prático, não precisa ter um bom conhecimento técnico para dar continuidade dele.

Conseguiu-se também entender a importância de se ter uma boa gestão de estoque, tornando o ambiente mais agradável e organizado.

O kanban por ter que utilizar as etiquetas acaba se tornando mais trabalhoso que o método de duas gavetas.

## 5. REFERENCIAS

Black, J. T. O projeto da fábrica com futuro. Porto Alegre: Bookman, 1998

Brito, T. L. d. Aplicação de modelos de gestão de estoques para controle de ressuprimento em uma pequena empresa industrial: um estudo de caso. 2010. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2010_3_Taínna.pdf>. Acesso em: 29 maio 2016.

Chiavenatto, I. Planejamento e controle da produção. 2. ed. SÃo Paulo: Manole, 2008. 138 p.

Hoppe, W. J.; spearman, M. L. A ciência da fabrica. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 694 p.

Liker, J.K. O Modelo Toyota - 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Trad. Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LYRIUS: Como controlar o estoque de um salão de beleza. Sao Paulo, 05 mar. 2015. Disponível em: <http://www.lyriusgestao.com.br/gestao/como-controlar-o-estoque-de-um-salao-de-beleza>. Acesso em: 03 jun. 2016.

Miguel, P. A. C. et al (Org.). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 226 p.

Moura, R. Kanban: a simplicidade do controle da produção. SÃo Paulo: Imam, 1989. 255 p.

Rocha, D. R. d.. Gestão da Produção e Operações. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2008. 34 p.

Tonederm.Spectra: radiofrequency photobiomodulation. 2016. Disponível em: <http://www.tonederm.com.br/beauty/produto/Radiofrequencia+Spectra+G3/1/>. Acesso em: 29 maio 2016.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE TRANSPORTE INTERMUNICIPAL DE PASSAGEIROS

**Andrisa M. Rocha**
**Cleber S. Lopes**
**Fabíola A. Bolis**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI Campus Erechim
andrisarocha@hotmail.com
cleberlopes@uricer.edu.br
fabiolabolis@hotmail.com

***Resumo.*** *Devido aos avanços tecnológicos e ao aumento da concorrência, tem-se tornado cada vez mais importante que as organizações, principalmente as de pequeno porte, invistam em diferenciação e se destaquem no mercado frente a concorrência. Prever a demanda de clientes, tornou-se um ponto importante, usado como fator de redução de gastos e aumento da lucratividade.*

*A crescente concorrência e, consequentemente, o aumento das requisições de excelência por parte dos usuários desse serviço, exige maior agilidade, competência e qualidade por parte das empresas do setor, dessa forma, a capacidade de previsão e a utilização de um sistema ágil de planejamento de demanda torna-se extremamente necessário, uma vez que além de reduzir custos, torna a empresa mais capacitada a atender a demanda, tornando o serviço mais atrativo e lucrativo financeiramente. O presente artigo busca analisar, orientar e auxiliar uma empresa de transporte de passageiros, de pequeno porte, para isso, utilizam-se dados fornecidos pela mesma, coletados diariamente. Aplicando-se ferramentas de previsão de demanda e embasamento teórico, pretende-se definir qual o modelo mais indicado para a situação atual da empresa, comparando as projeções, atualmente feitas sem nenhum método específico na fase de previsão de viagens intermunicipais, com os modelos convencionais,*

***Palavras-chave.*** *Previsão de Demanda. Transporte de Passageiros. Demanda de Cliente. Previsão em Serviços.*

***Abstract.*** *Due to technological advances and increased competition, it has become increasingly important that organizations, especially small ones, invest in differentiation and stand out in the market in the face of competition. Forecasting customer demand has become an important point, used as a factor to reduce expenses and increase profitability.*

*The increasing competition and, consequently, the increase of the requests of excellence by the users of this service, demands greater agility, competence and quality on the part of the companies of the sector, thus, the capacity of forecasting and the use of an agile system of planning of demand becomes extremely necessary, since in addition to reducing costs, it makes the company more capable to meet the demand, making the service more attractive and profitable financially.*

*The purpose of this article is to analyze, guide and assist a small-sized passenger transportation company, using data provided by the company, collected daily. Applying demand forecasting tools and theoretical basis, it is intended to define the most suitable model for the current situation of the company, comparing the projections, currently made without any specific method in the forecast phase of inter-municipal travel, with conventional models*

***Keywords:*** *Forecast of Demand. Passenger Transport. Customer demand. Forecasting in Services.*

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

> Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e o meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia. (Elaborado a partir de definições do International Institute of Industrial Engineering – IIIE – e Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO)

Uma das principais transformações que vem ocorrendo na economia mundial é o contínuo crescimento da indústria da prestação de serviços, entre elas, destaca-se as Agências de Viagens e Turismo, segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2008), em abril de 2018 o Brasil já contava com mais de 5.415 empresas habilitadas do ramo. Observa-se que os principais agentes motivadores do setor dos serviços são o crescimento das populações, a introdução de novas tecnologias e o aumento da qualidade de vida. O crescimento deste setor pode ser avaliado pelo aumento da quantidade e diversidade de benefícios proporcionados aos consumidores. O nível da prestação de serviços está aumentando com as exigências e sofisticação dos clientes.

Um diferencial competitivo em função da qualidade e satisfação proporcionadas aos usuários está cada vez mais evidenciado na área de transportes. Podem influenciar na escolha da modalidade de transporte ou de empresas fornecedoras de serviços similares, variáveis de avaliação com maior dificuldade de mensuração tais como: conforto, segurança, conveniência, confiabilidade e regularidade.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A crescente concorrência e, consequentemente, o aumento das requisições de excelência por parte dos usuários desse serviço, exige maior agilidade, competência e qualidade por parte das empresas do setor. Por estes motivos, é fundamental que as empresas prestadoras de serviços se aproximem de seus clientes para conhecer suas necessidades, expectativas e identificar os atributos mais importantes dos serviços oferecidos.

As ferramentas de analises servem tanto para produzir os indicadores de dependência espacial como para avaliar os resultados dos modelos. Aplica-se o método, que avalia a introdução de indicadores globais e locais de dependência espacial nos modelos alternativos, através de um estudo de caso que se baseia em uma Agência de Viagens, Transporte e Turismo, de pequeno porte, localizada na cidade de Viadutos-RS, que tem por base dados de pesquisa de origem e destino obtidos através de planilhas fornecidas pela empresa.

Devido a variação intensa do setor de transporte de passageiros, torna-se imprescindível a implantação metódica de planejamento de serviços a serem oferecidos para os usuários. O planejamento de novos serviços carece da geração de estimativas de volume e movimentações, uma vez que a esta estimativa, reflete o equilíbrio entre a oferta e a demanda.

# 2. OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo Geral

Analisar, orientar e auxiliar uma empresa de transporte de passageiros, de pequeno porte, buscando modelar a demanda de viagem, para que se possa ter o maior grau possível de conhecimento das movimentações atuais e futuras. Permitindo assim a tomada de decisões mais acertadas, evitando o excesso ou escassez de oferta de transportes.

Comparando as projeções, atualmente feitas sem nenhum método específico, com os modelos convencionais, para medir a necessidade de veículos a ser utilizado no turno noturno.

## 2.2 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento dos principais modelos utilizados para distribuição de viagens em planejamento de transportes;
- Definir qual o modelo de previsão mais indicado para a situação atual da empresa.

# 3. REFERENCIAL TEÓRICO

## 3.1 Previsão de Demanda

A previsão da demanda é uma etapa crítica para todos os membros de uma cadeia de suprimentos devido à complexidade e as incertezas às suas atividades, sendo assim, é fundamental para qualquer planejamento (Lustosa, 2008).

De acordo com Khoury (2011), uma previsão é uma avaliação de eventos futuros utilizada para fins de planejamento. Alterações nas condições, resultantes de concorrência global, mudança tecnológica acelerada e preocupações ambientais crescentes, exercem pressão sobre a capacidade de uma empresa gerar previsões precisas.

Para Peinado e Graeml (2007), alguns métodos de previsão buscam encontrar uma tendência de comportamento com base nas demandas anteriores. Desta forma, existe uma pressuposição de que as mesmas causas do comportamento da demanda passada vão se repetir no futuro.

A previsão de demanda baseada em fatos anteriores pode apresentar maiores ou menores distorções, isto vai depender principalmente do tipo de produto com que a empresa trabalha e do grau de profundidade da mudança dos fatores que determinaram o comportamento da demanda passada.

### 3.1.1 Métodos de Previsão de Demanda

Vários são os métodos usados para realizar a previsão de demanda, podendo ser divididos em duas principais categorias: quantitativos e qualitativos.

#### 3.1.1.1 Técnicas Qualitativas

Modelos qualitativos: os modelos qualitativos subdividem-se em métodos de avaliação subjetiva, exploratórios ou normativos. (Lin, 2000)

São utilizados quando há escassez de dados históricos adequados, como mudança na tecnologia ou introdução de novos produtos. O ajuste subjetivo consiste em realizar uma previsão por meio de um método quantitativo e ajustá-la com base em fatores contextuais, uma vez que o modelo quantitativo não é capaz de incluir alguns fatores, torna-se importante a opinião e julgamento do gestor.

#### 3.1.1.2 Técnicas de Decomposição de Séries Temporais

Modelos de decomposição de séries temporais: Estes modelos são amplamente utilizados e se baseiam no estudo da demanda acontecida no passado para projetar a demanda futura. Uma série temporal de demandas passadas geralmente pode apresentar quatro componentes ou características: nível, tendência, sazonalidade, aleatoriedade, que são respectivamente demanda atual sem as sazonalidades, taxa de crescimento, flutuações sazonais previsíveis na demanda e não previsível. (Peinado e Graeml, 2007)

Os métodos de séries temporais mais abordados são: média móvel e suavização exponencial. As técnicas de suavização exponencial são as mais utilizadas frente a todas as outras técnicas de previsão de demanda, são elas:

- Suavização exponencial simples: utilizada quando não há tendência ou sazonalidade na demanda.;
- Suavização exponencial dupla de Holt: utilizada quando existe uma tendência.;
- Suavização exponencial de Holt-Winters: utilizada na presença de um aspecto sazonal.

#### 3.1.1.3 Técnicas de Previsão Causal

Modelos de previsão causais: Se utilizam métodos estatísticos como a análise de regressão, modelos econométricos ou indicadores. (Tubino, 2000)

Métodos causais preveem a demanda tomando como base uma relação de causa e efeito entre as variáveis. O comportamento de uma variável (chamada dependente) é explicado por uma, ou mais variáveis (chamadas independentes) por meio da Regressão linear simples.

### 3.2 Previsão de Demanda para Transporte

Segundo Mendonça (2008), as ferramentas para o planejamento em transporte público são diversas, principalmente no cálculo da demanda de passageiros.

Para Terrabuio Junior (2010), a demanda total por transporte coletivo é influenciada pelos seguintes fatores principais: população, índice de motorização e PIB per capita. Outros parâmetros também são levados em consideração, como qualidade do transporte coletivo, cultura do local em relação ao uso de outros meios de transporte, política tarifaria. Com esses dados, o modelo que utiliza o índice de motorização, considerando veículos de duas rodas, é perfeitamente adequado para ser utilizado na previsão de demanda por transporte coletivo em diferentes cenários.

## 4. METODOLOGIA

O método de averiguação é caracterizado como qualitativo no que se refere a abordagem do problema, seguindo o que indica Cruz (2017), através da metodologia qualitativa são obtidos dados de um número relativo de amostras, analisadas com técnicas estatísticas.

Além disso, a pesquisa aqui apresentada é considerada como aplicada, uma vez que a mesma suscita conhecimentos para aplicação prática, tendo como objetivo a solução de problemas específicos. A análise tem o objetivo exploratório, já que tende a gerar maior intimidade com o problema, de forma a torna-lo explicito (Silva e Menezes, 2005).

A metodologia de pesquisa adotada está descrita de maneira simplificada na figura 1:

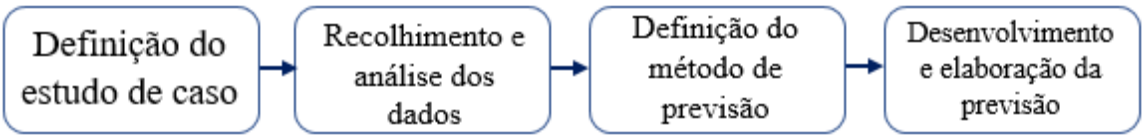



Figura 1. Metodologia adotada

### 4.1 Objeto de Estudo

O estudo baseia-se em uma Agência de Viagens, Transporte e Turismo, localizada na região norte do estado do Rio Grande do Sul. Baseado na necessidade de definir qual a demanda de passageiros para o turno noturno, de segunda a sexta-feira, e buscando atender a todos os seus clientes, com conforto, qualidade e segurança, a previsão atualmente é de extrema importância para a organização.

A partir do estudo de caso, pode-se constatar que a mesma não possui um setor específico para estudar e calcular as previsões de demanda, dessa forma não há qualquer análise específica, assídua ou mesmo coleta rígida de dados pelos colaboradores da empresa. Para obter as séries históricas, a empresa disponibilizou os dados coletados durante o período de 8 semanas. Esta prática fortalece as previsões, pois possibilita o aprendizado e melhorias no processo.

### 4.2 Análise de Dados

Os dados aqui apresentados foram reunidos pelos próprios colaboradores da empresa, 5 dias por semana e o período de recolhimento foi entre os meses de abril e junho do ano de 2018. Ao todo foram 8 semanas de coleta de dados, os mesmos são apresentados a seguir, sendo proposto uma análise de previsão de demanda de sazonalidade simples, para um período futuro de 4 semanas.

O turno analisado foi o noturno, por ser o que mais apresenta demanda semanalmente, com uma média de 547 usuários, a representação da quantidade de usuários para cada dia está descrita com maiores detalhes, no gráfico da figura 2, a seguir:

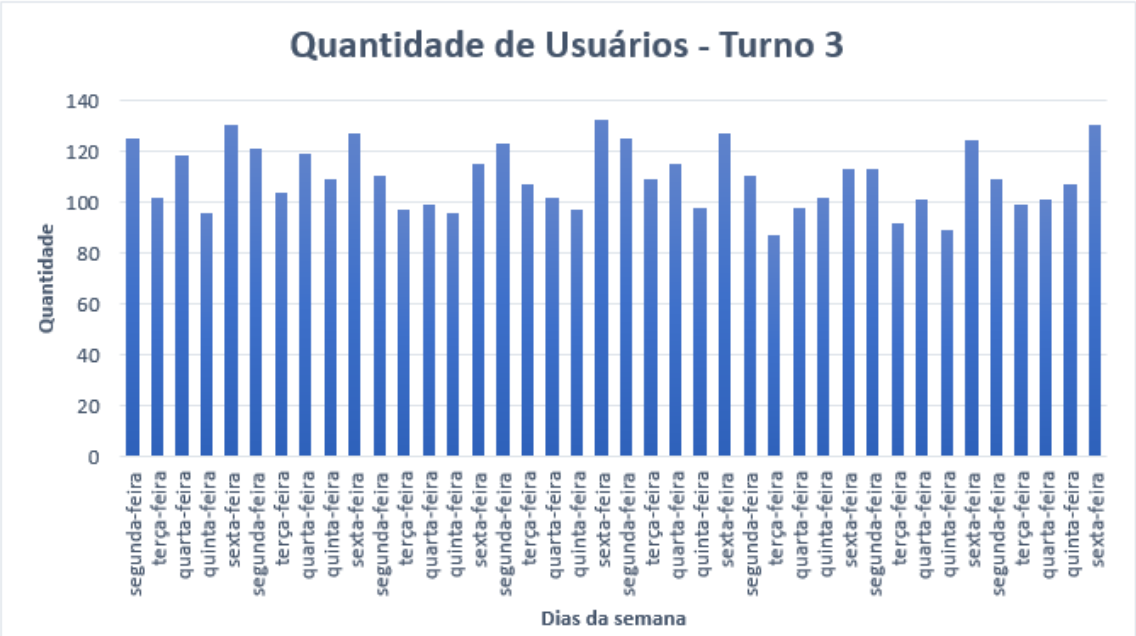



Figura 2. Gráfico demonstrativo para os dados de demanda.

### 4.2.1 Resultados para o turno

O turno apresenta sazonalidade simples, dessa forma foram cálculados os dados de previsão de demanda para as 4 semanas, conforme figura 3.

Sazonalidade simples

| Período | Demanda | previs | mmc | IS |
|---|---|---|---|---|
| Segunda-feira | 125 | 117 | 114,20 | 1,09 |
| Terça-feira | 102 | 99 | 114,20 | 0,89 |
| Quarta-feira | 118 | 106 | 114,20 | 1,03 |
| Quinta-feira | 96 | 99 | 114,20 | 0,84 |
| Sexta-feira | 130 | 125 | 114,20 | 1,14 |
| Segunda-feira | 121 | 116 | 116,00 | 1,04 |
| Terça-feira | 104 | 100 | 116,00 | 0,90 |
| Quarta-feira | 119 | 105 | 116,00 | 1,03 |
| Quinta-feira | 109 | 100 | 116,00 | 0,94 |
| Sexta-feira | 127 | 125 | 116,00 | 1,09 |
| Segunda-feira | 110 | 117 | 103,40 | 1,06 |
| Terça-feira | 97 | 100 | 103,40 | 0,94 |
| Quarta-feira | 99 | 105 | 103,40 | 0,96 |
| Quinta-feira | 96 | 100 | 103,40 | 0,93 |

1ª

| | ISM |
|---|---|
| 1 | 1,07 |
| 2 | 0,91 |
| 3 | 0,97 |
| 4 | 0,91 |
| 5 | 1,14 |

2ª

| | ISM |
|---|---|
| 1 | 1,07 |
| 2 | 0,91 |
| 3 | 0,97 |
| 4 | 0,92 |
| 5 | 1,14 |

3ª

| | ISM |
|---|---|
| 1 | 1,07 |
| 2 | 0,91 |
| 3 | 0,96 |
| 4 | 0,91 |
| 5 | 1,15 |

4ª

| | ISM |
|---|---|
| 1 | 1,07 |
| 2 | 0,91 |
| 3 | 0,96 |
| 4 | 0,91 |
| 5 | 1,15 |

Figura 3. Figura demonstrativa dos cálculos realizados com os dados de previsão de demanda do turno.

A partir da comparação dos dados obtidos após os cálculos, os mesmos se aproximam da demanda atual, sendo dessa forma comprovado de que o método adotado é recomendado para essa situação. A comparação dos dados encontra-se no gráfico da figura 4.

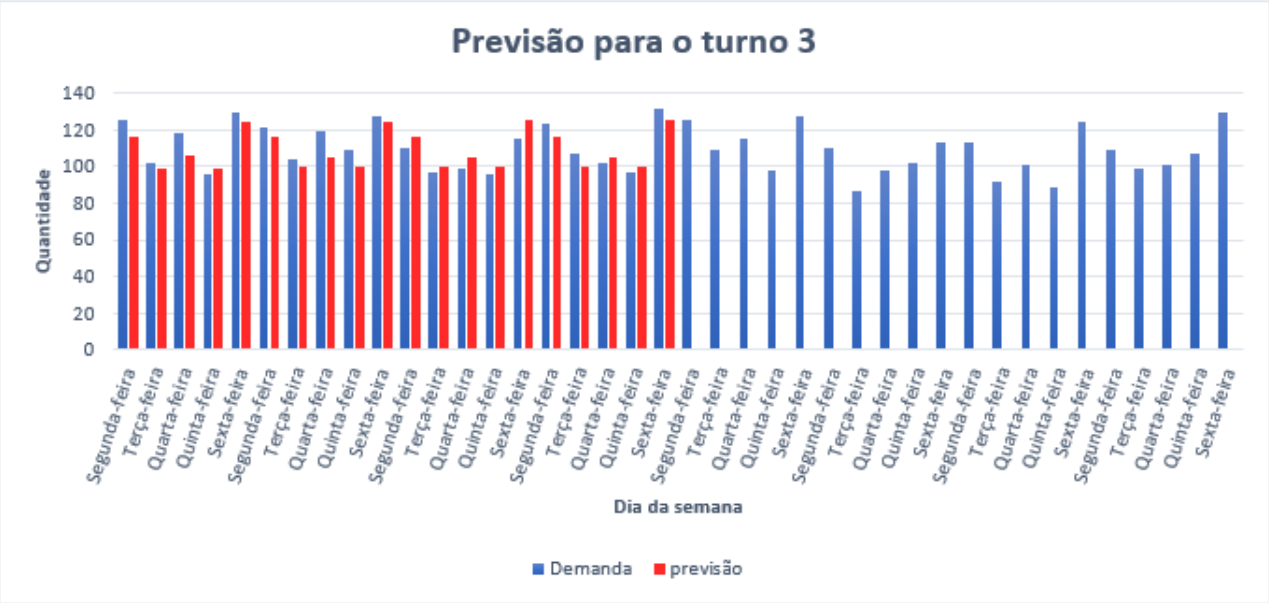



Figura 4. Gráfico de comparação entre a demanda real e a previsão para o período

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que busquem conhecer características de um determinado lugar e a demanda de passageiros do transporte têm uma importante contribuição ao planejamento e à regulação do serviço para a organização. A compreensão de alguns fenômenos e a modelagem de dados garantem ao planejador uma análise mais assertiva.

Assim, buscou-se representar os principais resultados do modelo proposto e com objetivo de verificar a aplicabilidade do modelo de sazonalidade simples, utilizando-se um banco de dados com informação da quantidade de passageiros que utilizam os serviços desta empresa atualmente.

De acordo com os cálculos da previsão de demanda, que apresentaram bons ajustes e erros razoáveis, pode-se enunciar as conclusões para a modelagem da demanda de passageiros por turno, para um período futuro de quatro semanas. Deste modo, pode-se considerar o estudo como válido e de aplicabilidade totalmente possível, uma vez que a previsão representa grande semelhança com a realidade da demanda de passageiros da empresa tanto diariamente como semanalmente.

## 6. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Transporte Terrestres-ANTT. **Empresas de Viagens e Turismo Autorizadas.** Disponível em: http://www.antt.gov.br/passageiros/TAF__Resolucoes_publicadas__Empresas_com_autorizacao.html
Acesso em 01/05/2018

Associação Brasileira de Engenharia de Produção-ABEPRO. **Saiba mais sobre a Engenharia de Produção.** Rio de Janeiro. 2008. Disponível em:
http://portalabepro.educacao.ws/a-profissao/
Acesso em: 18/04/2018

CRUZ, Luciana. **Metodologia Qualitativa.** Vigo, 2017. Disponível em:
http://knoow.net/cienceconempr/marketing/metodologia-qualitativa/
Acesso em: 15/04/2018

KHOURY, Felipe Kaiuca Castelo Branco. **Minimização de custos de produção via programação inteira mista: estudo de caso de planejamento de produção de luminárias**. Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, 2011. Disponível em:
https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/18828/18828_4.PDF
Acesso em: 14/04/2018

LIN, Tamy Ymei. **Estudo De Modelos De Previsão De Demanda.** Gv Pesquisa-FGV. 2000. Disponível em:
http://gvpesquisa.fgv.br/publicacoes/pibic/estudo-de-modelos-de-previsao-de-demanda
Acesso em: 14/04/2018

LUSTOSA, Leonardo et al. **Planejamento e Controle da Produção.** Rio de Janeiro: Elsevier Ltda, 2008.

MENDONÇA, Arley Couto de. **Desenvolvimento de um Modelo de Previsão da Demanda de Passageiros do Transporte Rodoviário Interestadual Utilizando Regressão com Efeitos Espaciais Locais.** Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, 2008. Disponível em:
http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/3747/1/2008_ArleyCoutoMendonca.pdf
Acesso em: 15/04/2018.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: UnicenP, 2007. Disponível em:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34490659/livro2folhas.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1523804833&Signature=ID1StE8QY27UR7GoQicxxNRQZxI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dlivro6.pdf
Acesso em: 15/04/2018

SILVA, Edna Lúcia da ; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4 ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em:
https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf
Acesso em: 14/04/2018

TERRABUIO JUNIOR, Dércio Julio. **Análise da Demanda por Transporte Coletivo em Quatro Cidades Médias do Estado de São Paulo**. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40774925/DERCIO_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1523818213&Signature=8mW4pJ9FV2hwiz%2FDzWz1LYsqEIY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDERCIO_1.pdf
Acesso em: 15/04/2018.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção.** 2 ed. São Paulo : Atlas, 2000.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SINCRONIZAÇÃO E APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) NO GARGALO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA MASCARELLO ONIBUS LTDA

**Iuri Renan Bergamin**[1]
**Oseias Esmelindro**[2]
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Sete de Setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS.
iuribergamin@hotmail.com[1]
oseias@uricer.edu.br[2]

***Abstract.*** *With the growing demand in the public transport sector, buses are seen as an effective means of transportation for the population, which demands the search for new and more efficient means of production, focused on quality, flexibility and competitiveness. Organizations aim to achieve the best results in the shortest amount of time. In parallel to this, the Theory of Constraints aims to assist in making decisions related to the maximization of gain through the optimization of production. This work is to analyze the painting process of the buses in the factory of the company Mascarello Ônibus LTDA, applying the TOC - Theory of Constraints. For this, the production times were quantified in each department and the process restrictions were identified based on the data collected through Cronoanalysis. The TOC application simulation was performed, the TPC (Pulmonary-Cord-Rope) system was applied and the production bottleneck was identified and the standardized tool was inserted. The results showed that the bottleneck was in the painting sector, which produced 7 buses in only one shift (gain of 1 shift and 7 buses / day). There was reduction of 25 operators, gain of 528 minutes per day and gain of 2 days in the crossing of the bus in the sector. Finally, both the management of people and the visual management of the sector improved sharply, facilitating the gain of production and process.*

***Keywords:*** *Theory of Constraints, neck, standar word*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda no ramo de transporte público, o ônibus é visto como um meio de transporte eficaz para a população. Desta forma, é de extrema importância a busca por novos meios de produção cada vez mais eficazes, com foco em qualidade, flexibilidade e que seja competitivo no mercado de transporte tanto nacional quanto internacional.

Atualmente, as organizações visam alcançar os melhores resultados no menor prazo de tempo possível e com o mínimo de erros. Em paralelo a isso, a Teoria das Restrições tem por objetivo compor uma sistemática de auxílio na tomada de decisões relacionadas à maximização do ganho através da otimização da produção (OENNING et al., 2004).Trata-se de um processo sistemático de melhor contínua (COX III e SPENCER, 2008). Com base nesta prerrogativa, aplica-se a Teoria das Restrições para que todo o fluxo trabalhe sincronizado, melhorando o aproveitamento de mão de obra, diminuindo os custos e aumentando os lucros da empresa (GOLDRATT, 2003).

Assim sendo, este trabalho tem por objetivo analisar o processo de pintura dos ônibus na fábrica da empresa Mascarello Ônibus LTDA, aplicando a ferramenta de TOC – Teoria das Restrições, com a finalidade de aumentar a produtividade, obter maior aproveitamento de mão de obra, reduzir perdas no processo fabril, melhorar e padronizar os processos no setor de pintura.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, observou-se o processo produtivo e o seu gerenciamento, quantificaram-se os tempos de produção em cada departamento e identificaram-se as restrições do processo com base nos dados coletados por meio da Cronoanálise. Posteriormente, fez-se a simulação de aplicação da TOC, passando por todas suas etapas, assim como também aplicou-se o sistema TPC (Tambor-Pulmão-Corda). A partir disso, buscou-se identificar o gargalo de produção, para o qual aplicaram-se as ferramentas necessárias para que o processo fluísse de maneira desejável em relação a tempo, gastos com energia, mão de obra e custos fixos.

Aplicou-se o *brainstorming* para definição da equipe e líder para o planejamento e desenvolvimento do trabalho. Deu-se início o planejamento, organograma, etapas definidas, desenvolvimento e conclusão do estudo bem como a visualização dos resultados em paralelo à conclusão e encerramento do trabalho. Executou-se cada parte do projeto no prazo definido para que fosse assegurado o cumprimento de todos os itens da melhor forma possível e não houvessem problemas que comprometessem a qualidade e/ou viessem a causar retrabalho.

A identificação do gargalo deu-se após a Cronoanálise do setor, que mostrou com precisão a execução de cada tarefa realizada na área, permitindo a visualização do maior tempo agregado tornando possível inserir uma terceira ferramenta para resolução de problemas: o trabalho padronizado. Após a coleta dos tempos, no mapeamento do fluxo de valor e identificação do gargalo, aplicou-se o trabalho padronizado, para reduzir drasticamente o tempo gasto no setor. Essa ferramenta demanda de poucos recursos para acontecer, minimiza em muito o investimento e dispõe de grande ganho.

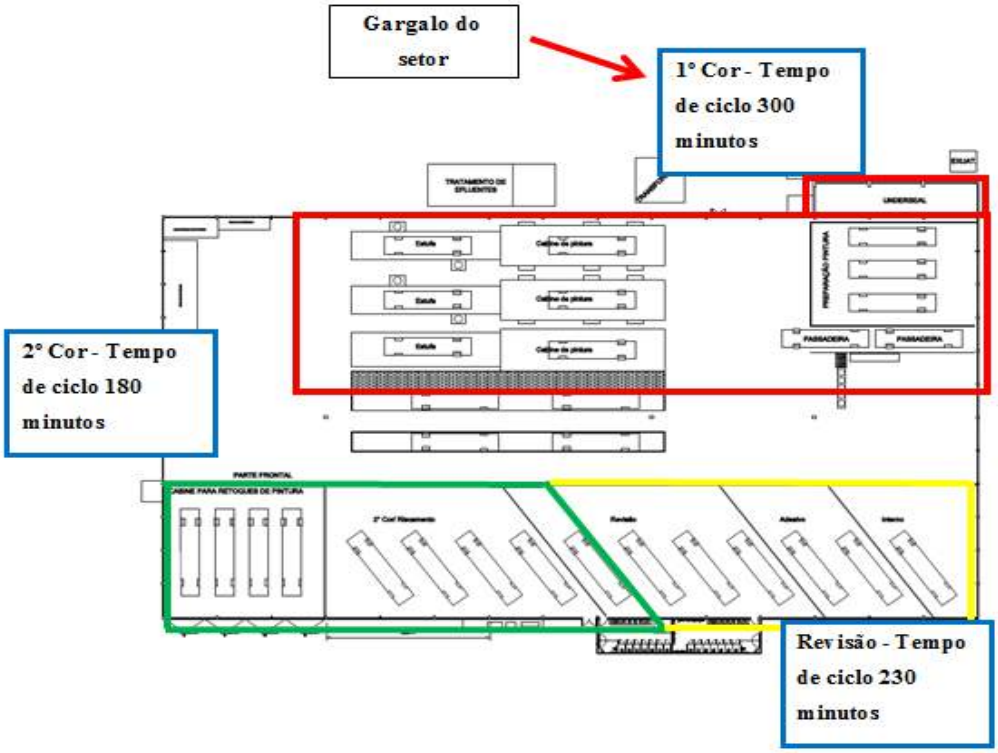
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o entendimento da Cronoanálise, iniciou-se a coleta de tempos dentro do setor de pintura na fábrica. Analisou-se primeiro o layout do pavilhão com seus setores, com início pelo setor de 1ª cor. O mesmo foi dividido em três etapas: início, meio e final.

A realização da Cronoanálise deu-se por meio do acompanhamento das tarefas que eram realizadas no local pelos operadores, onde analisou-se e cronometrou-se a rotina da tarefa que cada colaborador realizava.

Os resultados obtidos com a realização da Cronoanálise permitiram com que o gargalo fosse identificado, já que o setor de 1º cor tem um tempo muito maior comparado aos outros dois setores dentro do pavilhão de pintura, o que o torna o estrangulador do sistema, conforme figura 1.

Figura 1. Tempo de atravessamento de cada setor




Fonte: AUTOR

A ferramenta escolhida para resolução dos problemas foi o trabalho padronizado, já que demanda de poucos recursos para acontecer, minimiza em muito o investimento e dispõe de grande ganho para a organização e colaboradores. Fator fundamental para garantir um fluxo contínuo de produção, o trabalho padronizado é uma prática essencial para produção enxuta (FERREIRA; REIS; PEREIRA, 2002).

Nischida (2007) diz que a padronização é utilizada para manter a estabilidade nos processos e garante que as atividades sejam realizadas numa determinada sequencia, da mesma forma, num determinado intervalo de tempo e com menor nível de desperdícios, conseguindo elevada qualidade e alta produtividade.

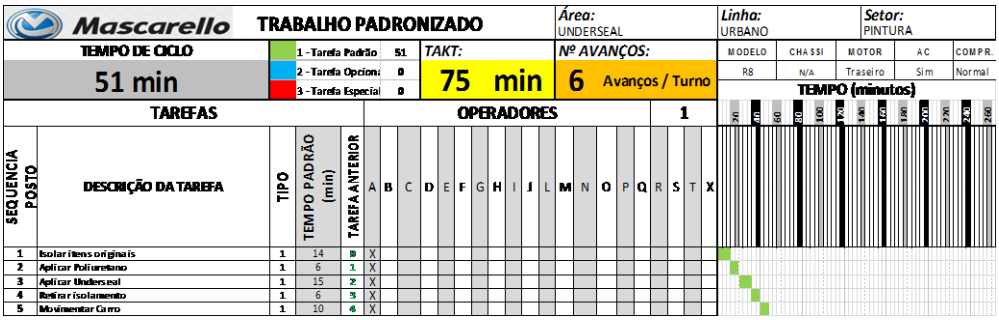
Ademais, de acordo com Benetti et al. (2007), o trabalho padronizado, sendo composto por sequencia de trabalho ou rotina, estoque e *tack time* padrão, é uma ferramenta altamente eficiente melhorar a produtividade e minimizar desperdícios.

O trabalho padronizado foi aplicado no setor de pintura da empresa, que foi dividida em três subsetores: underseal (início), preparação (meio) e a pintura base (fim). O trabalho padronizado foi dividido em dois subsetores separados por produtos: Urbano e Rodoviário.

O produto urbano é uma linha de ônibus mais focado no transporte coletivo nas cidades e grandes centros normalmente não percorrendo grandes distâncias, porém com uma quantidade significativa de paradas diárias, dessa forma temos um ônibus mais robusto com mais durabilidade e reforço estrutural e com um valor mais em conta comparado ao rodoviário.

Os quadros 1, 2 e 3 mostram os resultados obtidos com a aplicação do trabalho padronizado no subsetor de produção do produto Urbano, nas três etapas (início, meio e fim), respectivamente.

Quadro 1. Trabalho Padronizado Linha Urbano (início)



Mascarello — TRABALHO PADRONIZADO

Área: UNDERSEAL | Linha: URBANO | Setor: PINTURA

TEMPO DE CICLO: 51 min | 1 - Tarefa Padrão: 51 | 2 - Tarefa Opcional: 0 | 3 - Tarefa Especial: 0 | TAKT: 75 min | Nº AVANÇOS: 6 Avanços / Turno

| MODELO | CHASSI | MOTOR | AC | COMPR. |
|---|---|---|---|---|
| R8 | N/A | Traseiro | Sim | Normal |

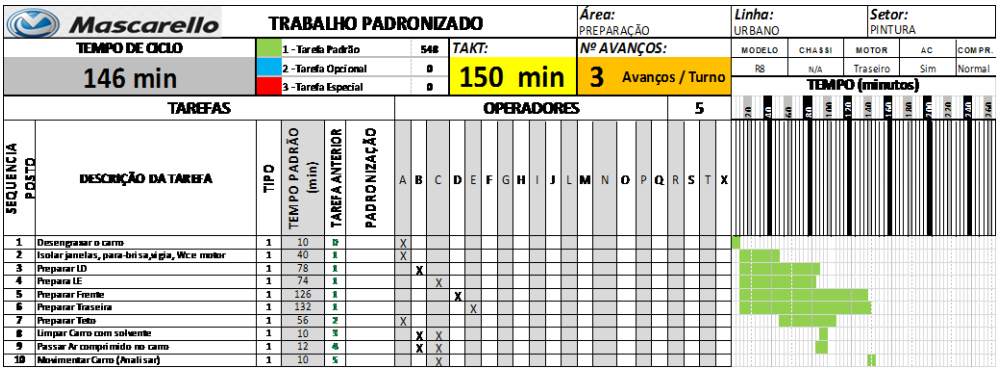
TEMPO (minutos): 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260

TAREFAS — OPERADORES: 1

| SEQUENCIA POSTO | DESCRIÇÃO DA TAREFA | TIPO | TEMPO PADRÃO (min) | TAREFA ANTERIOR | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Isolar itens originais | 1 | 14 | 0 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Aplicar Poliuretano | 1 | 6 | 1 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Aplicar Underseal | 1 | 15 | 2 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Retirar isolamento | 1 | 6 | 3 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Movimentar Carro | 1 | 10 | 4 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: AUTOR.

Quadro 2. Trabalho Padronizado Linha Urbano (meio)



Mascarello — TRABALHO PADRONIZADO

Área: PREPARAÇÃO | Linha: URBANO | Setor: PINTURA

TEMPO DE CICLO: 146 min | 1 - Tarefa Padrão: 548 | 2 - Tarefa Opcional: 0 | 3 - Tarefa Especial: 0 | TAKT: 150 min | Nº AVANÇOS: 3 Avanços / Turno

| MODELO | CHASSI | MOTOR | AC | COMPR. |
|---|---|---|---|---|
| R8 | N/A | Traseiro | Sim | Normal |

TEMPO (minutos): 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260

TAREFAS — OPERADORES: 5

| SEQUENCIA POSTO | DESCRIÇÃO DA TAREFA | TIPO | TEMPO PADRÃO (min) | TAREFA ANTERIOR | PADRONIZAÇÃO | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Desengrasar o carro | 1 | 10 | 0 | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Isolar janelas, para-brisa,vigia, Wce motor | 1 | 40 | 1 | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Preparar LD | 1 | 78 | 1 | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Preparar LE | 1 | 74 | 1 | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Preparar Frente | 1 | 126 | 1 | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Preparar Traseira | 1 | 132 | 1 | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Preparar Teto | 1 | 56 | 2 | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Limpar Carro com solvente | 1 | 10 | 3 | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Passar Ar comprimido no carro | 1 | 12 | 4 | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Movimentar Carro (Analisar) | 1 | 10 | 5 | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: AUTOR.

Quadro 3. Trabalho Padronizado Linha Urbano (fim)

Mascarello — TRABALHO PADRONIZADO

Área: 1º COR | Linha: URBANO | Setor: PINTURA

TEMPO DE CICLO: 73 min | 1 - Tarefa Pa: 73 | 2 - Tarefa Op: 0 | 3 - Tarefa Esp: 0 | TAKT: 75 min | Nº AVANÇOS: 6 Avanços / Turno

| MODELO | CHASSI | MOTOR | AC | COMPR. |
|---|---|---|---|---|
| R8 | N/A | Traseiro | Sim | Normal |

TEMPO (minutos): 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260

TAREFAS — OPERADORES: 2

| SEQUENCIA POSTO | DESCRIÇÃO DA TAREFA | TIPO | TEMPO PADRÃO (min) | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fechar isolamento do para brisa e portas | 1 | 8 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Aplicar fundo Metalok HP | 1 | 12 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Pintura conforme esquema de pintura | 1 | 33 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Retirar capas das rodas e aguardar Flash off | 1 | 10 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Movimentar Carro | 1 | 10 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: AUTOR.

Aplicou-se o trabalho padronizado no setor de pintura também, no produto Rodoviário que é o segmento de maior luxo, tempo e valor agregado da empresa. Os quadros 4, 5 e 6 mostram os resultados obtidos com a aplicação do trabalho padronizado no subsetor de produção do produto Rodoviário, nas três etapas (início, meio e fim), respectivamente.

Quadro 4. Trabalho Padronizado Linha Rodoviário (início)

Mascarello — TRABALHO PADRONIZADO

Área: UNDERSEAL | Linha: RODOVIÁRIO | Setor: PINTURA

TEMPO DE CICLO: 75 min | 1 - Tarefa Padrão: 75 | 2 - Tarefa Opcional: 0 | 3 - Tarefa Especial: 0 | TAKT: 75 min | Nº AVANÇOS: 1 Avanços / Turno

| MODELO | CHASSI | MOTOR | AC | COMPR. |
|---|---|---|---|---|
| R8 | N/A | Traseiro | Sim | Normal |

TAREFAS — OPERADORES: 1 — TEMPO (minutos)

| SEQUÊNCIA POSTO | DESCRIÇÃO DA TAREFA | TIPO | TEMPO PADRÃO (min) | TAREFA ANTERIOR | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Isolar itens originais | 1 | 26 | 0 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Aplicar Poliuretano | 1 | 16 | 1 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Aplicar Underseal | 1 | 18 | 2 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Retirar isolamento | 1 | 10 | 3 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Movimentar Carro | 1 | 5 | 4 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: AUTOR.

Quadro 5. Trabalho Padronizado Linha Rodoviário (meio)

Mascarello — TRABALHO PADRONIZADO

Área: PREPARAÇÃO | Linha: RODOVIÁRIO | Setor: PINTURA

TEMPO DE CICLO: 396 min | 1 - Tarefa Padrão: 1060 | 2 - Tarefa Opcional: 0 | 3 - Tarefa Especial: 0 | TAKT: 525 min | Nº AVANÇOS: 1 Avanços / Turno

| MODELO | CHASSI | MOTOR | AC | COMPR. |
|---|---|---|---|---|
| R8 | N/A | Traseiro | Sim | Normal |

TAREFAS — OPERADORES: 3 — TEMPO (minutos)

| SEQUÊNCIA POSTO | DESCRIÇÃO DA TAREFA | TIPO | TEMPO PADRÃO (min) | TAREFA ANTERIOR | PADRONIZAÇÃO | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Desengraxar o carro | 1 | 20 | 0 | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Isolar janelas, para-brisa, vigia, Wc e motor | 1 | 170 | 1 | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Preparar LD | 1 | 180 | 2 | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Prepara LE | 1 | 178 | 1 | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Preparar Frente | 1 | 180 | 2 | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Preparar Traseira | 1 | 138 | 1 | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Preparar Teto | 1 | 144 | 2 | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Limpar Carro com solvente | 1 | 14 | 3 | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Passar Ar comprimido no carro | 1 | 26 | 3 | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Movimentar Carro | 1 | 10 | 3 | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: AUTOR.

Quadro 6. Trabalho Padronizado Linha Rodoviário (fim)

Mascarello — TRABALHO PADRONIZADO

Área: 1º COR | Linha: RODOVIÁRIO | Setor: PINTURA

TEMPO DE CICLO: 154 min | 1 - Tarefa Padrão: 154 | 2 - Tarefa Opcional: 0 | 3 - Tarefa Especial: 0 | TAKT: 525 min | Nº AVANÇOS: 1 Avanços / Turno

| MODELO | CHASSI | MOTOR | AC | COMPR. |
|---|---|---|---|---|
| R8 | N/A | Traseiro | Sim | Normal |

TAREFAS — OPERADORES: 2 — TEMPO (minutos)

| SEQUÊNCIA POSTO | DESCRIÇÃO DA TAREFA | TIPO | TEMPO PADRÃO (min) | TAREFA ANTERIOR | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fechar isolamento do para brisa e portas | 1 | 6 | 0 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Aplicar fundo Metalok HP | 1 | 18 | 1 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Pintura conforme esquema de pintura | 1 | 106 | 2 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Retirar capas das rodas e aguardar Flash off | 1 | 14 | 3 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Movimentar Carro | 1 | 10 | 4 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: AUTOR.

Tanto na produção do segmento Urbano quanto Rodoviário, as tarefas foram padronizadas e observou-se que a equipe realizou o trabalho proposto num tempo menor do que o estipulado, o que mostra claramente que o trabalho padronizado é uma ferramenta excelente para minimizar os desperdícios e aumentar a velocidade de produção.

O trabalho realizado nos mostra um ganho de produção de 7 ônibus/dia, sendo 6 do segmento Urbano e 1 do segmento Rodoviário, em apenas um turno de 528 minutos, confirmando a tese de que o trabalho padronizado melhora a produtividade e minimiza os desperdícios.

A tabela 1 apresenta, em resumo, os ganhos obtidos com a realização do projeto.

Tabela 1. Ganhos obtidos com a realização do projeto

| ANTES | DEPOIS | RESULTADO FINAL |
|---|---|---|
| 2 turnos de trabalho | 1 turno de trabalho | Ganho de um turno |
| 6 a 7 ônibus em dois turnos | 7 ônibus por turno | Ganho de 7 ônibus por dia |
| 1056 minutos | 528 minutos | Ganho de 528 minutos por dia |
| 139 operados | 114 operadores | Redução de 25 operadores |
| 5 dias atravessamento do ônibus no setor | 3 dias atravessamento do ônibus no setor | Ganho de 2 dias no atravessamento do ônibus no setor |

Fonte: AUTOR.

## 4. CONCLUSÃO

A realização do trabalho teve como estudo principal o TOC (Teoria das Restrições) aplicado em uma fábrica de ônibus no leste Paranaense, com a expectativa de atingir resultados satisfatórios conforme planejamento inicial e acertado com a gestão da empresa e o líder do projeto. Alterou-se a forma de trabalho, padronizaram-se as tarefas, tempos e processos chegando, assim, ao objetivo definido inicialmente.

Os resultados da cronoanálise permitiram identificar o gargalo precisamente. A ferramenta utilizada para corrigir os problemas encontrados e dar o melhor resultado foi o trabalho padronizado, que proporcionou ganho de um turno de trabalho, ganho de 7 ônibus/dia, ganho de 528 minutos/dia, redução de 25 operadores e ganhos de 2 dias no atravessamento do ônibus no setor. Além disso, proporcionou uma dinâmica excelente, ótima sinergia e cumpriu todas as metas estipuladas inicialmente.

Por fim, tanto a gestão de pessoas quanto a gestão visual do setor melhorou acintosamente, facilitando o ganho de produção e processo do setor de pintura. Notou-se também que através dos ganhos se obteve um bem estar maior para o operador, pois o mesmo trabalha com maior assertividade e segurança nas tarefas desempenhadas no dia a dia.

## 5. REFERÊNCIAS

BENETTI, H. P. Padronização do trabalho em uma fábrica de artefatos de cimento. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr570434_9570.pdf>. Acesso em: 17/07/2018.

COX III, J. F., SPENCER, M. S. **Manual da Teoria das Restrições**. Rio Grande do Sul: Bookmann, 2008.

FERREIRA, A. A.; REIS, A. C.; PEREIRA, M. I. **Gestão Empresarial**. São Paulo: Pioneira, 2002.

GOLDRATT, E. M. **Production the TOC way**. Great Barrington: North River Press, 2003.

NISHIDA, L. T. Reduzindo o “lead time” no desenvolvimento de produtos através da padronização. Disponível em: < https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_74.pdf>. Acesso em 18/07/2018.

OENNING et al. Teoria das restrições e programação linear: uma análise sobre o enfoque da otimização da produção. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2004.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações contidas neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA MATURIDADE EM GESTÃO POR PROCESSOS EM UMA EMPRESA DO ALTO URUGUAI RIO-GRANDENSE

**Julia Maria Burin**
juliam.burin@gmail.com
**Jessie Carvalho Bruhn**
jessiebruhn@gmail.com
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI de Erechim

***Resumo.*** *O ambiente empresarial no qual as empresas estão atualmente inseridas é competitivo e complexo. A rápida mudança da tecnologia, economia, e de negócios traz grandes oportunidades, mas também grandes desafios para as organizações. Direcionar seus esforços para a gestão dos processos é uma grande oportunidade de se destacar nesse ambiente, pois se aplicado de forma correta proporciona ótimos benefícios para a empresa. Dentre esses benefícios pode-se citar: redução de custos, otimização dos processos, aumento do valor agregado do produto e maior satisfação dos clientes. O presente trabalho é baseado na obra de De Boer (2014), intitulada* Modelo de Estruturação de Serviços de um Escritório de Processos Aderente ao Grau de Maturidade em Gestão por Processos, *onde realizou-se o levantamento do referencial teórico de assuntos chaves abordados no projeto, e modelos de avaliação da maturidade em Gestão por Processos. O objetivo deste trabalho é avaliar o grau de maturidade em Gestão por Processos de uma empresa do Alto Uruguai Rio-Grandense, por meio da aplicação de um questionário de mensuração de maturidade e modelos de avaliação baseados na referida obra de De Boer (2014) e no modelo CMM (*Capability Maturity Model*). Portanto, o referido trabalho busca contribuir para a avaliação da maturidade em Gestão por Processos em uma determinada organização, que futuramente possibilitará a implantação de um Escritório de Processos, e consequentemente a implantação da Gestão por Processos, o que proporcionará a mesma obter grandes vantagens em relação a suas concorrentes.*

***Palavras Chaves:*** *Gestão por Processos. Grau de Maturidade. Implantação.*

## 1. INTRODUÇÃO

De Boer (2014) expõe que as empresas vêm quebrando paradigmas em relação à análise de seus processos produtivos. Isso ocorre pelo fato de exaltarem a gestão funcional que as permite enxergar que o trabalho da organização é realizado através de processos inter-relacionados. Com isso as empresas que utilizarem metodologias de análises dos processos com base em suas estratégias empresariais possuem chances de se destacarem frente aos seus consumidores e concorrentes (PRADELLA, FURTADO e KIPPER, 2012; MENEGHELLI, 2016).

Dentre as abordagens que os processos de negócio englobam, é possível destacar a Gestão por Processos. Segundo Pradella, Furtado e Kipper (2012) a Gestão por Processos traduz os objetivos estratégicos e as metas estabelecidas pela empresa, por meio de processos consistentes, agregando valor aos produtos e clientes finais, e às pessoas que participam do processo. A Gestão por Processos auxilia na identificação de falhas no processo como um todo (BROCKE e ROSEMANN, 2013). Segundo De Boer (2014) a mensuração da maturidade em Gestão por Processos é o ponto inicial para que a organização obtenha sucessos com a implantação da Gestão por Processos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Gestão por Processos e a Evolução do BPM nas empresas

A Gestão por Processos vem se estabelecendo como um moderno modelo de gestão, visando o melhoramento das atividades organizacionais por meio dos processos de negócio e visualizando a organização como um conjunto integrado de seus processos (ESPINDOLA, 2014). De Sordi (2012) definiu Gestão por Processos como uma metodologia de gerenciamento com foco no cliente, buscando a melhoria dos processos da organização através da autonomia dos colaboradores.

Diante do desafio das constantes mudanças que ocorrem no ambiente empresarial, as organizações encontram diversas barreiras e problemas na utilização de determinados métodos e ferramentas, e é nesse ponto que surge o BPM (Business Process Management), como uma alternativa para atender a complexidade organizacional (MÜLLER, 2013). A ABPMP (Associação Internacional de Profissionais de BPM) por meio de uma pesquisa realizada no Brasil em 2013 identificou as principais restrições que impedem a evolução do BPM nas empresas, conforme Fig. 1:

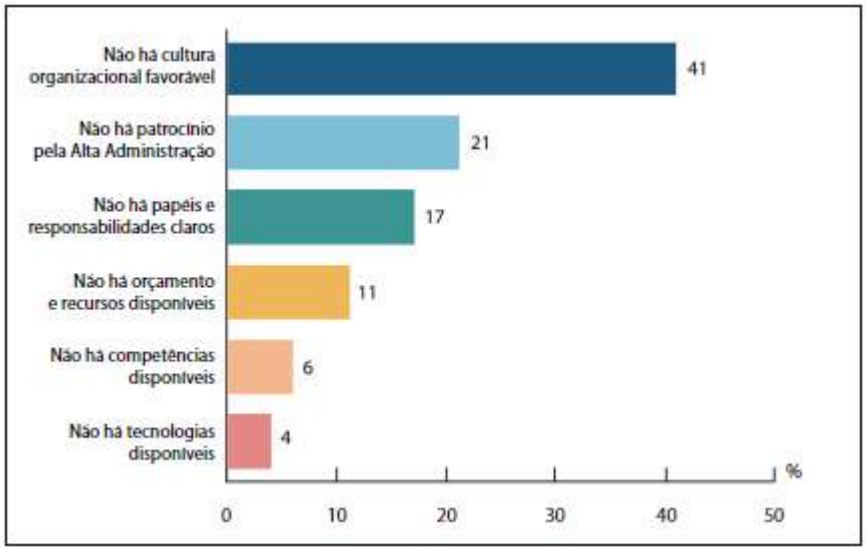



Figura 1. Principais restrições para a evolução do BPM nas empresas

Por tanto, é possível concluir que a evolução do BPM nas organizações, levando em conta a prática de mensuração do grau de maturidade em Gestão por Processos, deve ser acompanhado para garantir que a empresa alcance os objetivos traçados juntamente com a estratégia organizacional. Podendo ainda auxiliar no acompanhamento da evolução dos processos da organização (DE BOER, 2014).

### 2.2 Maturidade em Gestão por Processos

Embora haja o consenso sobre a importância da melhoria permanente dos processos, as empresas ainda possuem dificuldades na definição das estratégias mais adequadas para obter melhorias relevantes e sustentadas sobre esse assunto (SIQUEIRA, 2005). Para as auxiliarem nisso são desenvolvidos os Modelos de Maturidade em Gestão por Processos, na qual, ajudam a diagnosticar o estágio evolutivo de uma organização no processo de adoção, e guiar esforços no sentido de alcançar a adoção plena da Gestão por Processos (MORENO JÚNIOR e FELIPPIO, 2013). Estes modelos permitem identificar o grau de maturidade em cada etapa do processo consideradas fundamentais para a Gestão por Processos. Além do que, alguns modelos de maturidade permitem conhecer melhor a situação dos processos organizacionais (DE BOER, 2014).

Os modelos de maturidade de gestão de projetos estão ligados diretamente aos modelos de maturidade de processos de TI, em especial o CMM (*Capability Maturity Model*), (GUEDES *et al.*, 2013). Segundo as autoras Brodbeck e Musse (2014) o modelo CMM desenvolvido pela Universidade de Carnegie Mellon utiliza uma escala de 0 a 5 (0-Inexistente; 1-Inicial/Adhoc; 2-Repetitível; 3-Definido; 4-Gerenciado e Mensurável; 5-Otimizado) para definir o grau de maturidade em empresas. De Boer (2014) elaborou um modelo de avaliação da maturidade em Gestão por Processos que proporciona as organizações terem, ao final da referida avaliação, um portfólio de serviços. Esse portfólio poderá servir de referência para a implantação da Gestão por Processos por meio de um Escritório de Processos.

## 3. METODOLOGIA

O presente estudo prevê a aplicação de um questionário, elaborado por De Boer (2014), para mensurar o grau de maturidade em Gestão por Processos da empresa escolhida. As perguntas desse questionário foram divididas em oito agrupamentos: (i) informação do respondente; (ii) maturidade dos processos da organização; (iii) maturidade da organização na Gestão por Processos; (iv) evolução histórica do Escritório de Processos; (v) caracterização do Escritório de Processos; (vi) equipe do Escritório de Processos; (vii) atribuições do Escritório de Processos; (viii) considerações finais, conforme Anexo A. E a partir disso realizar a análise e avaliação do grau de maturidade em Gestão por Processos.

A avaliação do grau de maturidade em Gestão por Processos terá como base informações provenientes da aplicação do referido questionário para dois colaboradores que atuam em uma empresa do ramo metalúrgico. A partir dessa

avaliação a organização poderá elaborar um portfólio de serviços e metas que servirá de referência para a implantação da Gestão por Processos e sua padronização.

Assim como o questionário elaborado por De Boer (2014), também serão utilizados outros métodos de avaliação criados pela autora, como o quadro de resumo das respostas dos entrevistados, onde serão apresentadas as respostas dos colaboradores da empresa que participou do presente estudo, e esse servirá de base para as próximas etapas da avaliação da maturidade em Gestão por Processos.

O modelo dos níveis de maturidade em Gestão por Processos, Quadro 4, é dividido em 6 atributos e 5 níveis de maturidade, sendo cada atributo relacionado com um dos níveis. Os atributos referem-se as práticas de governança que apresenta aspectos que permitem conhecer a situação dos processos organizacionais e da empresa em relação a Gestão por Processos. E os cinco níveis dizem respeito a evolução dos níveis de maturidade, sendo o nível 1 o nível mais baixo de maturidade e o nível 5 o mais alto. Desta forma, as ferramentas utilizadas para mensuração da maturidade em Gestão por Processos, na empresa em estudo, baseiam-se no questionário aplicado e nos modelos de análises propostos por De Boer (2014).

### 3.1 A empresa

A empresa que participou deste trabalho está localizada na região do Alto Uruguai Rio-Grandense, é do ramo metalúrgico e se enquadrada como empresa de médio porte. Pelo fato de os diretores não autorizarem a divulgação de outros dados e do nome, a mesma será referida neste trabalho como empresa A. A entrevista foi realizada com o Diretor Executivo, denominado como entrevistado 1, que possui formação em Ciências Contábeis e Direito, além de outros cursos de especialização, e trabalha na empresa há 25 anos. E também com o Gerente de Produção, denominado como entrevistado 2, que não possui nenhuma formação específica, mas sim cursos de especialização, trabalha na empresa há 12 anos. Foram escolhidos esses dois integrantes da organização pelo fato de estarem diretamente ligados a gerencia e ao setor produtivo, os quais precisam manter uma boa relação para que os projetos de melhoria sejam implantados com sucesso e possuírem o apoio dos setores chaves da empresa.

A escolha pela empresa A se deu pelo fato de a mesma possuir um projeto de melhoria de processos, e criação de um setor responsável pela implantação, análise e controle desse projeto de melhoria, o que possibilita avaliar o grau de maturidade em Gestão por Processos que a empresa se encontra no momento atual.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo descreve-se como será realizado o trabalho na referida organização. Onde primeiro é aplicado o questionário elaborado por De Boer (2014), para em seguida lançar as informações no quadro de resumo das respostas dos entrevistados. E a partir de então avaliar as respostas conforme o modelo de níveis de maturidade em Gestão por Processos, também elaborado por De Boer (2014).

### 4.1 A aplicação do questionário

O questionário foi aplicado para guiar a entrevista realizada na empresa A, de forma a possibilitar o entendimento e avaliação do grau de maturidade em Gestão por Processos, e foi dividido em 8 agrupamentos como citado anteriormente. Sendo que cada agrupamento objetiva entender como funciona a Gestão por Processo e o Escritório de Processos da organização. O Quadro 1 apresenta o resumo das respostas de cada entrevistado.

A partir das respostas obtidas por meio do questionário será realizado a análise e avaliação do grau de maturidade em Gestão por Processos, com base no modelo de avaliação dos níveis de maturidade elaborado por De Boer (2014), conforme Quadro 2.

Quadro 1. Resumo das respostas de cada entrevistado.

| | Entrevistado 1 | Entrevistado 2 |
|---|---|---|
| **Caracterização:** | | |
| Segmento: | Empresa Privada. | Empresa Privada. |
| **Informações do Respondente:** | | |
| Formação acadêmica: | Direito e Ciências Contábeis. | Segundo Grau completo. |
| Tempo de experiência com o BPM: | Nunca teve contato. | Nunca teve contato. |
| Tempo de trabalho na organização: | 25 anos. | 12 anos. |
| **Evolução histórica do Escritório de Processos:** | | |
| Tempo de existência do Escritório de Processo: | A empresa ainda não possui. | A empresa ainda não possui. |
| Outros grupos focados em processos: | Não. | Não. |
| Motivadores para a criação do Escritório de Processos: | Crescimento da organização, aumento da competitividade por qualidade e preço, e as exigências de mercado. | Alta concorrência, diminuição de custos, e aumento da qualidade. |
| Nível de dificuldade para implantar o Escritório de Processos: | Provavelmente será de nível 2 - nível de dificuldade baixo. | Provavelmente será de nível 2 - nível de dificuldade baixo. |
| Dificuldades de implantação do Escritório de Processos: | Aceitação de todos os colaboradores da empresa, compreensão da metodologias e ganhos que isso trará para a empresa. | Mudança de cultura e aceitação de todos os colaboradores. |
| **Caracterização do Escritório de Processos:** | | |
| Localização na estrutura organizacional: | Ainda não possui, mas estará localizado próximo a linha de produção junto com a gerência de produção. | Ainda não possui, mas estará próximo a linha de produção. |
| Recebe auxilio de consultorias externaas: | Sim, possuirá. | Sim, possuirá. |
| Qual o papel desempenhado (normativo/coordenativo): | Normativo e coordenativo. | Normativo e coordenativo. |
| Metodologias de gestão utilizadas: | Ainda não foi planejado. | Ainda não foi planejado. |
| **Equipe do Escritório de Processos:** | | |
| Quantidade de pessoas: | Participarão do projeto 7 pessoas. | Participarão do projeto 7 pessoas. |
| Responsabilidade e formação: | A responsabilidade irá variar conforme a necessidade de cada projeto. Serão engenheiros, gerentes, bolsista de graduação e professores. | A responsabilidade irá variar conforme a necessidade de cada projeto. Serão engenheiros, gerentes, bolsista de graduação e professores. |

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação a maturidade dos processos a empresa se encaixou no nível 2, onde inicia a identificação de seus macroprocessos. Seguindo o modelo CMM por estar no nível 2, se encaixa como nível repetível, onde se inicia o planejamento de trabalhos padronizados para auxiliar no controle. No atributo ferramentas utilizadas o nível 1, que é o nível em que a empresa se encontra, classificam-se organizações que utilizam sistemas de forma independente aos processos. Ou seja, o sucesso da organização depende da competência de seus funcionários e não no uso de processos estruturados.

No atributo integração do BPM na gestão da organização se encontra atualmente no nível 1, também se classifica no modelo CMM como nível inicial. Não se utiliza metodologias para melhoria e gestão por processos. A gerência entende a necessitada da utilização de metodologias, porém nada foi implementado ainda. Em relação ao atributo avaliação do desempenho, onde novamente a empresa se encontra no nível 1, se refere a não definição de indicadores e modelo de avaliação de desempenho por processos. Pelo fato de não possuir processos estruturados a utilização de indicadores para a avaliação do desempenho passa a ser algo difícil de acontecer.

Enquanto que no atributo atribuição de responsabilidades quanto aos processos a empresa se classificou no nível 2, as pessoas identificam-se com algum processo e assumem informalmente responsabilidade por uma iniciativa de melhoria do processo. Que segundo o CMM se enquadra como nível repetível, ou seja, essas melhorias podem não se repetir para todo o processo, mas se torna repetível em alguns deles. Já no atributo disseminação da cultura de Gestão por Processos, atualmente a empresa se encontra no nível 2, que é onde há um entendimento restrito da associação entre áreas e processos.

Conforme analisado no quadro de Diagnóstico da organização A, é possível perceber que a mesma ainda se encontra em um nível muito baixo de maturidade, pois em todos os 6 atributos, se enquadrou nos níveis 1 e 2 de maturidade. Isso quer dizer que a empresa ainda tem um longo caminho para percorrer até alcançar o nível mais alto em maturidade de Gestão por Processos. E apesar da mesma estar desenvolvendo um plano de implantação da Gestão por Processos, que engloba, principalmente, a melhoria dos processos, vários aspectos, como a cultura organizacional, ainda precisam ser desenvolvidos.

Quadro 2. Diagnóstico da organização A conforme o modelo de maturidade proposto.

| Níveis de Maturidade | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Atributos** | **Nível 1** | **Nível 2** | **Nível 3** | **Nível 4** | **Nível 5** |
| **Maturidade dos processos** | Organização possui processos **ad hoc** e poucas atividades estão definidas | Os macroprocessos estão definidos e suas interrelações evidenciadas no **mapa do negócio** da organização | Os macroprocessos estão **desdobrados em processos**, que por sua vez estão **mapeados e padronizados** | Grande parte dos processos estão mapeados, padronizados e são **revisados periodicamente** | Grande parte dos processos estão mapeados, padronizados, são revisados periodicamente e **otimizados** |
| **Ferramentas utilizadas** | **Sistemas** são adotados de forma **independente** pelas áreas e departamentos | Utiliza-se sistemas para uma **integração inicial** entre as áreas | São utilizados **sistemas consolidados para tramitação dos processos** e armazenamento da informação (GED e Workflow) | Utilização de soluções de BPM para automatizar a **execução** dos processos | Utilização de soluções de BPM para automatizar a execução dos processos, monitoramento e controle nas organizações (Gestão) |
| **Integração do BPM na gestão da organização** | Não se utiliza metodologias para melhoria e gestão dos processos | BPM como **iniciativas isoladas** | **BPM é entendido como metodologia** e está sendo internalizado na organização | **BPM é integrado a outras metodologias** de gestão utilizadas pela organização | BPM em um contexto de **Gestão Estratégica** |
| **Avaliação do desempenho** | Não há definição de indicadores e modelo de avaliação de desempenho por processos | Os **resultados** esperados dos macroprocessos estão **identificados, sem indicadores em operação** | Os resultados esperados dos processos estão identificados e alguns já possuem **indicadores de desempenho** | Os processos possuem indicadores de desempenho definidos em um **modelo de avaliação de desempenho** | Os **indicadores dos processos são vinculados ou desdobrados da estratégia**, sendo utilizados para avaliação do desempenho organizacional e dos funcionários |
| **Atribuição de responsabilidades quanto aos processos** | Não existem responsabilidades definidas quanto aos processos. As pessoas estão restritas as suas atuações nos departamentos e setores. | As pessoas identificam-se com algum processo e assumem **informalmente responsabilidade** por uma iniciativa de melhoria do processo | Estão identificadas as áreas que atuam nos processos (**equipe**) e são definidos os responsáveis por cada um deles (**dono do processo**) | Os papéis estão formalizados e integrados na estrutura organizacional. Além disso, há uma equipe multidisciplinar dedicada a apoiar as iniciativas de BPM (**Escritório de Processos**) | As pessoas assumem seus papéis, recebem poder para a atuação e o **EP migra de apoio de consultor para orientador** |
| **Disseminação da cultura de gestão por processos** | **Cultura individualista** e preocupação com o desempenho da área/departamento | Há um **entendimento restrito** da associação entre áreas e processos | Compreensão da **inserção das áreas no processo** | **Mudança do foco das funções para os processos** quanto a estrutura de gestão e avaliação de desempenho | **Processos integrados transpassam a organização**, as pessoas estão engajadas e capacitadas para a sua execução e gestão |

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, pode-se concluir que os atributos referentes as práticas de governança apresentados no Quadro 2, devem ser acompanhadas pela diretoria da empresa, gerente de processos, e todos os envolvidos na implantação da Gestão por Processos. Pois esse acompanhamento de perto garante que a organização alcance altos níveis de maturidade em Gestão por Processos (DE BOER, 2014).

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho foi elaborado com o objetivo de realizar o levantamento do referencial teórico a respeito da Gestão por Processos, para identificar modelo de avaliação relativo à mensuração do grau de maturidade em Gestão por Processos. O método de trabalho mostrou-se adequado, pois possibilitou o alcance dos objetivos. A partir do referencial teórico buscou-se aplicar o modelo de avaliação do grau de maturidade em Gestão por Processos proposto por De Boer (2014) em uma empresa do ramo metalúrgico, localizada na região do Alto Uruguai Rio-Grandense.

Após a aplicação do questionário de mensuração do grau de maturidade em Gestão por Processos, proposto por De Boer (2014), foi elaborado um quandro com o resumos das respostas dos dois entrevistados, e após a avaliação dessas respostas

com base nos modelos de avalição do grau de maturidade CMM e o modelo elaborado por De Boer (2014). O diagnóstico sobre a situação em que a organização se encontra com relação a maturidade em Gestão de Processos é muito importante. O diagnóstico vai auxiliá-la no planejamento das medidas que precisa adotar para implantar a Gestão por Processos, padroniza-la, e obter ótimos resultados. Apesar de a empresa já estar elaborando um projeto para a implantação de algumas melhorias, o fato de poder diagnosticar e verificar qual a sua situação atual é de suma importância. Além de mostrar a realidade da organização, também vai auxiliá-la na elaboração desse projeto, por meio da verificação de se o mesmo estava atendendo as necessidades da empresa e seguindo uma ordem, de etapas, lógica.

O tema abordado é bastante amplo se forem considerados todos os aspectos que envolvem a implantação da Gestão por Processos dentro de uma organização. Portanto, existem outros tópicos que podem ser abordados em outros estudos. Como possível trabalho futuro, sugere-se, a partir da mensuração de maturidade em Gestão por Processos, elaborar um portfólio de serviços que um Escritório de Processos pode desenvolver. Assim como, a estruturação de um Escritório de Processos como base nas informações levantadas na avaliação da maturidade em Gestão por Processos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPMP BRASIL. **Pesquisa Nacional em Gerenciamento de Processos de Negócio da ABPMP Brasil. ABPMP Brasil**, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < https://issuu.com/bpmglobaltrends/docs/pesquisa_nacional_em_gerenciamento>. Acesso em: 01 nov. 2017.

BROCKER, J. V.; ROSEMANN, M. **Manual de BPM: Gestão de processos de negócio.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRODBECK, F. A., MUSSE, I. J. Práticas de Governança de Tecnologia de Informação em Universidades da América Latina. **TICAL 2014**. Porto Alegre, 2014. Disponível em: < http://documentas.redclara.net/bitstream/10786/961/1/ArtigoPesquisaGovernancaTI_IES-v01.pdf>. Acesso em 01 mai. 2018.

DE BOER, F. G. **Modelo de Estruturação de Serviços de um Escritório de Processo Aderente ao Grau de Maturidade em Gestão por Processos.** 2014. Trabalho de conclusão de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

DE SORDI, José Osvaldo. **Gestão por processos: uma abordagem da moderna administração**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

ESPINDOLA, E. **Gestão por Processos: Proposta de Aplicação em Indústria de Médio Porte em Juiz de Fora.** 2014. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Produção – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

GUEDES, R. *et al*. **Maturidade de gestão de projetos de sistemas de informação: um estudo exploratório quantitativo no Brasil.** São Paulo, 2013. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop_prod0331.pdf>. Acesso em 01 mai. 2018.

MENEGHELLI, L. **O ambiente das organizações na era da globalização. ICPG,** Itajaí, 2016. Disponível em: <http://www.posuniasselvi.com.br/artigos/rev01-03.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2017.

MORENO JÚNIOR, V. A.; FELIPPIO, C. K. **Proposta e Aplicação de um Modelo de Maturidade da Gestão por Processos**. In: ENANPAD, XXXVII., 2013, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_EnANPAD_ADI1206.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

MÜLLER, C. J. **Planejamento Estratégico, indicadores e processos: uma integração necessária.** São Paulo: Atlas, 2013.

PRADELA, S. FURTADO, J. C. KIPPER, L. M. **Gestão de Processos da teoria á prática: Aplicando a metodologia de simulação para a otimização do redesenho de processos**. São Paulo: Atlas, 2012.

SIQUEIRA, J. **O Modelo de Maturidade de Processos: como maximizar o retorno dos investimentos em melhoria da qualidade e produtividade**. São Paulo: IBQN, 2005. Disponível em: < http://www.ibqn.com.br/htm_artigos_links/Jairo_Siqueira_Artigo_Modelo%20de%20Maturidade.pdf>. Acesso em 04 nov. 2017.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autorres são os únicos responsáveis pelo material apresentado neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROPOSTA DE PLANO PARA REDUÇÃO DE CUSTOS COM PERDAS DE PROCESSO POR MEIO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

**Kássia Raquel de Almeida**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim, RS
kassiar.dealmeida@gmail.com

**Jessie Carvalho Bruhn**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim, RS
bruhn@uricer.edu.br

***Resumo:*** *As empresas têm direcionado seus esforços para a melhoria da qualidade de seus produtos e processos como forma de manterem-se competitivas no mercado. Estas percebem que os benefícios oferecidos pela melhoria da qualidade são atrativos e acabam buscando utilizar práticas e ferramentas que as impulsionem neste sentido. Neste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma indústria alimentícia localizada no estado do Rio Grande do Sul. A empresa em questão possui um elevado índice de retrabalho, problema que foi abordado visando propor um plano para redução de custos com perdas de processo, que afetam diretamente a qualidade de seus produtos. Dados da empresa referentes à geração de retrabalho foram analisados, chegando-se ao processo que apresenta a maior quantidade de geração e que foi então o foco do trabalho. Inicialmente, este processo produtivo foi mapeado por meio de um fluxograma e, posteriormente, foram identificadas as falhas existentes no processo por meio da aplicação da Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Foram determinadas prioridades para cada falha identificada, tendo como resultado do trabalho a elaboração de um plano de ação com sugestões de melhoria a serem realizadas no processo, nas etapas que obtiveram os maiores indices de prioridade, com a finalidade de reduzir os custos da empresa com perdas na linha de produção estudada.*

***Palavras-chave:*** *Gestão da Qualidade, Processos, Fluxograma, FMEA.*

## 1. INTRODUCÃO

O fenômeno da globalização e as tradicionais limitações de recursos, capital e tempo colocam as organizações em uma posição de desafio crescente. Observa-se que as empresas são constantemente direcionadas a buscar um melhor desempenho global, especialmente no que se refere a variáveis como qualidade, custos e flexibilidade, procurando, desta forma, obter vantagem competitiva e tornarem-se atraentes aos consumidores (CORREIA *et al.*, 2002). Esta exigência dos consumidores por produtos de qualidade, em tempo hábil e com variedade, além da entrada de novos concorrentes no mercado, impulsiona as organizações a estarem sempre melhorando seus processos (MENDES e FILHO, 2017). Neste contexto, concorda-se com Paim *et al.* (2009) quando afirmam que melhorar processos internos e externos é uma ação estratégica para as organizações responderem às mudanças que ocorrem de forma constante em seu ambiente de atuação e para manterem o sistema produtivo competitivo.

Se por um lado, as empresas precisam melhorar os seus processos para manterem-se aptas a competir com os seus concorrentes, por outro, há a demanda pela excelência em qualidade como uma das principais expectativas dos clientes. Para atender a essa demanda, as organizações devem adotar uma postura proativa interna, de modo que a resposta imediata para atender as expectativas dos clientes seja elevar o grau de qualidade de todos os processos da organização, (BERTOLINO, 2010). Por meio da utilização de ferramentas e metdologias da gestão da qualidade é possível melhorar a qualidade dos produtos e ainda reduzir desperdícios e custos da não qualidade no processo produtivo, o que permite a redução de preços (CARPINETTI, 2016).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A indústria de alimentos

A produção de alimentos é um dos pilares para o desenvolvimento de qualquer economia (MURAN, 2017). Produzir alimentos pode ser considerado um grande desafio, que cresce impulsionado por fatores como o crescimento da população mundial, a aceleração do processo de urbanização dos países em desenvolvimento, bem como o crescimento econômico. Dados da Food and Agriculture Organization (FAO) estimam que a produção mundial de alimentos deva ser ampliada em 70% até o ano de 2050, em função do crescimento da população (GERMANO e GERMANO, 2013).

Esta acentuada tendência de crescimento demográfico mundial, assim como as outras mudanças que acarretarão no aumento da demanda por alimentos, representa uma oportunidade o Brasil se posicionar como principal fornecedor global de alimentos (SIDONIO *et al.,* 2013). A FAO reforça esta oportunidade ao afirmar que, dentre os países produtores de alimentos, o Brasil é o que representa maior potencial de suprir grande parte da demanda mundial durante este crescimento (BARROS *et al.,* 2016).

Para que isso se concretize, o Brasil deve ser capaz de ampliar sua produtividade, mas também de atender à demanda do consumidor e cumprir com seus requisitos de qualidade (GERMANO e GERMANO, 2013). Considerando o exposto, as indústrias que produzem alimentos, suas matérias-primas, seus insumos ou suas embalagens devem estar preparadas para absorver estas mudanças sociais, tecnológicas e econômicas de maneira rápida e satisfatória, considerando que essas transformações são cada vez mais intensas e dinâmicas (BERTOLINO, 2010).

## 2.2 Análise de falhas em processos

Assume-se que processo é um conjunto formado por entradas, processamento e saídas de produto, serviço e informação (SLACK *et al.,* 2015). Entretanto, embora todos os processos geralmente se relacionem a um modelo baseado em entradas – transformações – saídas, estes diferem quanto à natureza destas etapas, que são específicas para cada organização (SLACK *et al*., 2015).

Para evidenciar as possibilidades de redução de desperdício, aumento da qualidade e produtividade dos processos, surgem programas de melhoria que exigem o mapeamento de todas as atividades do processo (SOUZA e CLEMENTE, 2011). O mapeamento se trata da representação gráfica do sequenciamento de atividades que demonstrará, de maneira clara e objetiva, a estrutura e o funcionamento básico dos processos (JUNIOR e SCUCUGLIA, 2011). A realização de um mapeamento de processos detalhado tende a expor os problemas e/ou falhas que ocorrem na empresa, facilitando sua identificação e resolução.

Por sua vez, falhas podem ser definidas como a perda ou impossibilidade de atender a uma função (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009; LAFRAIA, 2014) enquanto modo de falha é o conjunto de efeitos pelos quais uma falha é observada (LAFRAIA, 2014). Para que seja possível garantir a qualidade, os autores Fogliatto e Ribeiro (2009) afirmam ser necessário obter a excelência em projeto e a excelência em processo: a primeira implica potencial para a qualidade, enquanto a segunda transforma esse potencial em qualidade real. Os autores ressaltam que a ferramenta FMEA auxilia na busca por essa excelência.

Existem dois tipos de FMEA: de produto - também conhecido como FMEA de projeto - e de processo (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009; LAFRAIA, 2014). A FMEA de projeto é utilizada para avaliar possíveis falhas em produtos antes da sua liberação para manufatura, sendo reaplicada durante toda a vida útil do produto (ARAÚJO, 2013). A FMEA de processo, por sua vez, é utilizada para a análise detalhada de sistemas produtivos que possam afetar a confiabilidade prevista no produto, identificando os modos de falhas potenciais no processo e seus efeitos no cliente (PALADY, 1997; FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Os riscos são avaliados no FMEA tradicional de três maneiras: *(i)* Severidade (S), *(ii)* Ocorrência (O) e *(iii)* Detecção (D) (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009; DEGEN *et al.,* 2010; LAFRAIA, 2014; MESQUITA , 2014; DALOSTO, 2015; SOUZA *et al.,* 2017). Souza *et al*., (2017) afirmam que para cada causa possível de falha, realiza-se os seguintes questionamentos: Qual é a probabilidade de a falha ocorrer? (Ocorrência); Qual seria a consequência da falha? (Severidade); Qual a probabilidade de que essa falha seja detectada antes que afete o cliente? (Detecção). Avaliando quantitativamente esses índices calcula-se o Número de Prioridade de Risco (NPR), pontuando esses fatores de 1 a 10 e, por fim, multiplicando-os.

Na literatura, é possível encontrar inúmeros estudos sobre a utilização da FMEA, apresentando adaptações e limitações da mesma. Há estudos associando o FMEA com outras ferramentas, outras metodologias e complementando a mesma com a análise de custos. Dentre as adaptações da metodologia, é possível enfatizar os trabalhos de Degen *et al.,* (2010) e Ferreira *et al.,* (2017) que incluem o custo na priorização dos riscos. Os autores substituem a tradicional priorização SxOxD, por uma proposta SOD (combinação não aritmética de Severidade, Ocorrência e Detecção) e ainda incluem o custo entre os fatores. No primeiro caso, os autores utilizam S (OxC) D, multiplicando o Custo (C) da ocorrência pela própria ocorrência. Os custos foram abordados de forma cumulativa, ou seja, a cada etapa do processo concluída, foi agregado valor ao produto e, portanto, quanto mais perto do final do processo o produto estiver, os modos de falha terão um maior risco econômico incorporado. O trabalho de Ferreira *et al.,* (2017) complementa o anterior, comparando o resultado de uma priorização SOD, com S (OXC) D e S (Ox CD) D. Nesta última abordagem, o custo da detecção (CD) utilizado é o custo do produto no momento em que a falha é detectada, levando em conta o fato de que algumas falhas podem ser detectadas em etapas posteriores ao processo.

## 3. RESULTADOS

A empresa cujo processo foi estudado é uma indústria alimentícia fabricante de doces localizada no estado do Rio Grande do Sul. O processo foco deste trabalho é a produção de pirulito redondo (PR) com peso 28g, recheado por chiclete. Para obter conhecimento técnico a respeito do processo, foi realizado o mapeamento do mesmo por meio de fluxogramas. Nestes, são identificados pontos de tomada de decisão e pontos onde ocorre a geração de retrabalho. O fluxograma final obtido e validado está representado na Figura 1.

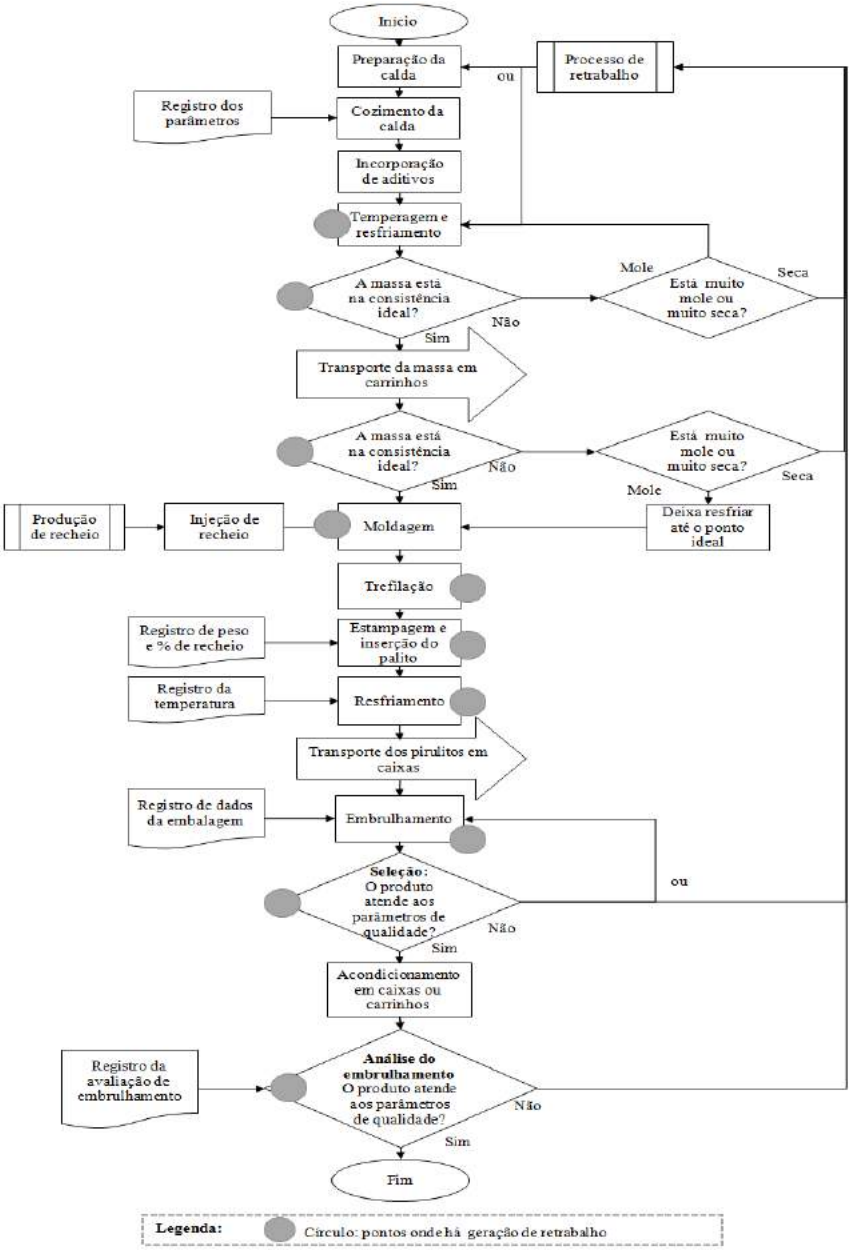



Figura 1 - Fluxograma do processo de fabricação de pirulitos

O fluxograma foi elaborado com base em documentos fornecidos pela empresa, além da observação participante do processo, e que, por fim, foi validado por meio de uma entrevista não estruturada com uma funcionária da empresa. Com o fluxograma finalizado e visando identificar as falhas que influenciam na qualidade do produto, impactando na geração de retrabalho desta linha de produção, foi aplicada a ferramenta FMEA ao processo.

Para o preenchimento do formulário foram utilizados dados de derretimento de retrabalho disponibilizados pela empresa referentes ao ano de 2017. Esses dados contemplavam a data de geração do retrabalho, o produto, a quantidade em quilogramas e o motivo do retrabalho. Esses motivos foram alocados na planilha nas etapas do processo em que foi observada a possível geração dos mesmos, na coluna "efeito", representando os efeitos no produto que um modo de falha no processo pode causar. Com base neste efeito, foram levantados os modos de falha e suas causas, assim como os

controles atuais existentes na empresa que visam detectar ou impedir a ocorrência do modo de falha, evitando que produtos defeituosos avancem no processo.

Os índices foram determinados da seguinte forma: *(i)* S, questionário aplicado a funcionários de diversas áreas da empresa: produção, métodos e processos, programação e controle da produção, pesquisa e desenvolvimento e qualidade. Foram obtidas 20 respostas e a pontuação foi determinada por média aritmética dos resultados. *(ii)* O, foi determinada com base no histórico de derretimento de retrabalho disponibilizado pela empresa, numa escala representando proporcionalmente a quantidade anual (referente a 2017) em quilogramas de retrabalho derretido devido a determinado defeito, pela quantidade de quilogramas produzidos desta linha de produtos naquele mesmo ano; *(iii)* CD foi definido conforme dados de custos fornecidos pela empresa, sendo utilizado no trabalho com valores em percentual, considerando a agregação de custo ocorrida a cada etapa do processo; *(iv)* D foi pontuado conforme compreensão obtida pela autora durante a observação do processo e entrevistas realizadas, avaliando qual a capacidade da empresa de detectar a ocorrência do modo de falha internamente.

O método de priorização de risco utilizado foi o proposto por Ferreira *et al.*, (2017), onde o fator custo é incluído nos parâmetros de priorização. Os autores utilizam a forma S (Ox CD) D, pontuando de acordo com o modo de falha e multiplicando a ocorrência pelo custo da detecção desta ocorrência, que é elevado conforme a demora em detectar a ocorrência da falha ao longo do processo. Considerando esta forma de priorização, a severidade é o número que determina primeiramente a priorização, seguindo pela multiplicação de O por CD, e por fim, D. As etapas que obtiveram os 5 maiores resultados conforme priorização do FMEA foram o embrulhamento e a etapa de estampagem e inserção do palito, conforme apresentado na Figura 2.

| Operação | Função | Modos Potenciais de Falha | Efeitos Potenciais de Falha | S | Causas Potenciais de Falha | O | Controles Atuais | D | Etapa de detecção | CD | S (OxCD) D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estampagem e inserção do palito | Dar formato e sustentação ao produto | Acabar o palito na máquina e não ser abastecida | Sem palito | 9 | Erro operacional | 7 | Visual | 1 | Seleção | 85,30% | 9 6 1 |
| | | Palito não aderir à massa | Palito solto | 9 | Massa seca | 6 | Visual | 2 | Seleção | 85,30% | 8 5 2 |
| Embrulhamento | Embrulhar o produto | Faltar rótulo durante a troca de bobina | Sem rótulo | 8 | Troca de bobina | 6 | Visual | 4 | Seleção | 85,30% | 8 5 4 |
| | | Pouca torção do rótulo | Rótulo semi aberto | 8 | Desgaste dos pegadores | 5 | Visual | 4 | Seleção | 85,30% | 8 4 4 |
| | | | | 8 | Produto deformado | 5 | Visual | 4 | Seleção | 85,30% | 8 4 4 |
| Estampagem e inserção do palito | Dar formato e sustentação ao produto | Pirulito quicar na esteira após o estampo | Quebra do produto | 7 | Impacto do produto com a esteira | 8 | Visual | 1 | Seleção | 85,30% | 7 7 1 |

Figura 2 – FMEA dos modos de falha de maior pontuação S (OxCD) D

A etapade estampagem e inserção do palito, cujas falhas devem ser priorizadas, trata-se da etapa onde o cordão de massa é estampado em formato de bola e o palito é inserido na massa. A pontuação elevada para esta etapa pode ser explicada pelo fato de que o palito, quando solto, torna-se um risco de segurança a quem consome o produto. Isso se agrava ao considerar o fato de que os principais consumidores de pirulitos são crianças.

Já a etapa de embrulhamento é uma das etapas finais do processo e dá o acabamento para o produto. A severidade referente ao produto sem rótulo ou semiaberto pode ser explicada porque, quando um produto apresentando uma destas condições é empacotado junto a outros produtos, passa a descaracterizar os demais produtos, pois pode melar e grudar no pacote e nas outras unidades. Além disso, este tipo de falha é facilmente identificado pelo consumidor.

Foram elaboradas ações para os modos de falha referentes a cada etapa do processo por meio da ferramenta 5W1H (*What*, *Why*, *When*, *Who*, *Where*, *How*) onde foram apontadas sugestões de melhoria para o processo. As ações propostas para os modos de falha identificados na Figura 2, estão apresentadas na Figura 3.

| Operação | O que? | Por que? | Quando? | Quem? | Onde? | Como? |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Estampagem e inserção do palito | Instalar um poka yoke | Avisar ao operador quando os palitos estão acabando | 3 meses | Setor de Manutenção | Paliteira | Instalando um sensor de nível no equipamento que emite sinal sonoro |
| Embrulhamento | Estabelecer a parada da embrulhadeira durante a troca de bobina | Evitar pirulitossem rótulo no processo | 1 mês | Setor de Produção | Embrulhamento | Criar um procedimento e treinar operadores envolvidos no processo |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Implementar a metodologia SMED *(Single Minute Exchange of Die)* | Reduzir o tempo de troca de bobinas e reduzir o tempo de parada | 3 meses | Setor de Produção | Embrulhamento | Estudando a metodologia e aplicando-a |
| | Estabelecer frequência de troca dos pegadores | Prevenir o desgaste dos mesmos e ocorrência de defeitos nos produtos | 1 mês | Setor de Manutenção | Embrulhamento | Monitorar desgaste das peças e criar um cronograma de troca a ser seguido |
| Estampagem e inserção do palito | Aumentar canaleta que deposita os produtos na esteira | Para que o impacto sofrido pelo produto seja menor, evitando a quebra | 1 mês | Setor de Manutenção | Estampo | Medir distância existente entre a canaleta e a esteira e estender a canaleta de acordo com a possibilidade da linha |

Figura 3 – Plano de ação proposto para os modos de falha com maior pontuação S (OxCD) D

Conforme demonstrado na figura, uma das ações propostas é a instalação de um poka-yoke, que é um mecanismo de prevenção de erros, cuja proposta é sinalizar ao operador quando os palitos estiverem acabando e houver a necessidade de reabastecer a máquina. Para prevenir a ocorrência do efeito "produto sem rótulo" uma das ações propostas é que a máquina de embrulhamento seja parada durante a troca de bobina. Isso é possível para o processo porque várias máquinas operam ao mesmo tempo e a troca ocorre em uma máquina por vez. Ainda, é proposto que se implemente a metodologia SMED, o que irá implicar na redução do tempo de *setup* entre as bobinas.

Outra ação, proposta para a falha na torção do rótulo é relacionada ao desgaste de uma das peças da embrulhadeira: os pegadores. Estes são assim chamados por tratarem-se da peça que pega as pontas do rótulo e as torce, de modo a envolver e selar o produto. Quando desgastadas, essas peças passam a não prender o rótulo direito, fazendo com que a torção fique frouxa e parte do pirulito fique exposta. A troca dos pegadores é realizada por um funcionário da produção, que fica exclusivamente dedicado a realizar essas pequenas manutenções nas embrulhadeiras. Entretanto, não há atualmente nenhum documento padrão que descreva o procedimento de troca destas peças e nem frequência, o que poderia facilitar a organização do funcionário, além de evitar que uma peça danificada fique produzindo produtos defeituosos durante um tempo, até ser identificada por alguém. Por fim, é proposta uma melhoria no equipamento de estampagem, referente ao aumento na canaleta que deposita os produtos na esteira, reduzindo a quebra dos produtos.

As ações propostas acima são ações pontuais, que irão corrigir momentaneamente as falhas encontradas e reduzirão durante determinado tempo os custos com perdas no processo. Para que os resultados perpetuem, é necessário que a empresa realize também ações permanentes que permitam acompanhar os resultados da implementação do plano, garantir a permanência das ações e identificar novas oportunidades de melhoria.

As ações permanentes devem incluir: *(i)* Manutenção preventiva nos equipamentos: já existe um plano de manutenção preventiva em implementação, e é importante que este seja efetivamente aplicado; *(ii)* Documentação de padrões de processo: todos os estudos de processo devem ter sua execução e resultados documentados, estruturando um histórico que fique disponível para a empresa. Este tipo de estudo, quando documentado, facilita a tomada de decisão quanto ao processo e serve de base para qualquer outro estudo que possa vir a ser efetuado naquela linha de produção. *(iii)* Implementar programa de treinamento para novos funcionários: todos os funcionários contratados precisam passar por treinamentos estruturados e, que tenham como base, o padrão de trabalho estabelecido nos estudos; *(iv)* Aperfeiçoar o monitoramento do processo: a empresa já realiza o monitoramento do processo em pontos relevantes, entretanto, é proposto que os registros sejam avaliados e que ocorra um tratamento das informações, que envolve a compreensão da importância deste monitoramento, além da oportunidade de identificar novas falhas no processo. Além disso, a empresa necessita melhorar o controle sobre a geração de reprocesso, estabelecendo um padrão de registro onde se tenha conhecimento da quantidade gerada, ponto de geração, produto e possível causa.

## 4. CONCLUSÃO

Por meio do desenvolvimento deste trabalho foi possível levantar referencial teórico que proporcionou conhecimento a respeito do cenário do mercado atual, aprofundado no que se refere à indústria alimentícia e seus desafios para o futuro. Percebeu-se que o cenário do setor é favorável ao crescimento das empresas, mas é necessário que elas estejam preparadas para isso. As ferramentas da qualidade apresentam-se então como uma forma de contribuir para esta preparação.

Ainda, foi possível mapear o processo e aplicar a ferramenta FMEA aliada à metodologia 5W1H, sendo apresentadas ações que podem contribuir na melhoria do processo e redução das perdas que ocorrem atualmente nesta linha de produção. Como indicações futuras, é sugerido que a empresa, além de implementar o plano estabeleça ações que irão garantir que o plano seja efetivo a longo prazo. Isso porque as ações propostas no plano corrigem o problema por um determinado tempo, mas não impedem que as falhas voltem a acontecer. Somente realizando ações de monitoramento e controle do processo é que se garante um sistema de melhoria contínua, que é uma das bases para qualquer empresa que queira se manter estruturada e competitiva no mercado.

## 5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Leno Alex. Controle de Refugos e Retrabalhos no Processo Produtivo de uma Indústria Metalúrgica por Meio da Metodologia FMEA Análise dos Modos e Efeitos de Falhas – um Estudo de Caso. Projeto Técnico (Especialização em Gestão da Qualidade) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

BARROS, A. M. et al. A Indústria de Alimentos no Brasil e na América do Sul. FGV Projetos, n. 27. 2016. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18593/food_industry_pt.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 12 de outubro de 2017.

BERTOLINO, Marco Túlio. Gerenciamento da qualidade na indústria alimentícia: ênfase na segurança dos alimentos. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Gestão da qualidade: Conceitos e Técnicas. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2016.

CORREIA, Kwami Samora Alfama et al. Mapeamento de Processo: Uma Abordagem para Análise de Processo de Negócio. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais eletrônicos... Curitiba. 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR10_0451.pdf>. Acesso em 24 de setembro de 2017.

DEGEN, E.; et al. Proposta de um método para avaliação de riscos em FMEA considerando o custo de ocorrência do modo de falha. In: XXX Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais eletrônicos... São Carlos, 2010. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_114_747_15563.pdf>. Acesso em 03 de junho de 2018.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. Sistema de Gestão: Qualidade e Segurança dos Alimentos. Barueri: Manole, 2013.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. Manual de Confiabilidade, mantenabilidade e disponibilidade. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014.

MENDES, Márcia Reis; FILHO, Luis Cordeiro de Barros. A Experiência da Elaboração de um PCP: um Caso de uma Indústria de Alimentos. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada. V. 2, n. 2, 2017. ISSN 2525-4251. Disponível em: <http://revistas.poli.br/~anais/index.php/repa/article/view/543/174>. Acesso em: 13 de outubro de 2017.

MESQUITA, Wisner Gonçalves. Redução dos Custos da Má Qualidade Através da Metodologia FMEA: um Estudo de Caso na Montadora Alfa. Mestrado Profissional em Gestão Organizacional – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2014.

MURAN, C. A. B. Inovação Organizacional: um Estudo de Caso em uma Indústria de Alimentos do Sudoeste do Paraná. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017. Disponível em: < http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2378/1/PB_PPGDR_M_Muran%2c%20Carla%20Athauana%20Bazzanella_2017.pdf>. Acesso em 12 de outubro de 2017.

PAIM, Rafael et al. Gestão de Processos: pensar, agir e aprender. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PALADY, P. FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos. São Paulo: IMAN, 1997.

PAVANI JUNIOR, J.; SCUCUGLIA, R. Mapeamento e Gestão por Processos – BPM (Business Process Management). São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2011.

SIDONIO, Luiza et al. Inovação na indústria de alimentos: importância e dinâmica no complexo agroindustrial brasileiro. BNDES Setorial 37, p. 333-370. 2013. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1512/1/A%20mar37_08_Inova%C3%A7%C3%A3o%20na%20ind%C3%BAstria%20de%20alimentos_P.pdf>. Acesso em 12 de outubro de 2017.

SLACK, Nigel et al. Administração da Produção. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2015.

SOUZA, Rafael Santos et al. Aplicação do DMAIC e Análise de Falhas de Embalagens Metálicas na Indústria de Conservas. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru,Ano 12,nº4, p. 273-295, 2017. Disponível em: <http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1824>. Acesso em 13 de maio de 2018.

SOUZA, Alceu. CLEMENTE, Ademir. Gestão de Custos: Aplicações Operacionais e Estratégicas, Exercícios Resolvidos e Propostos com Utilização do Excel. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2011.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DMAIC EM UMA DISTRIBUIDORA DE AUTOPEÇAS

**Leonardo Carlos Pavan**
**Robson Lipinharski Guerreiro**
**Nelcir Lazari**
**Cleber Serafim Lopes**
lcpleo12@gmail.com; robson6a5@gmail.com; nelcirlazari@hotmail.com; cleberlopes@uricer.edu.br
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus de Erechim

***Resumo.*** *Em um mercado em transformação, com níveis elevados de exigências e concorrências, as organizações têm como principal objetivo desenvolver meios capazes de satisfazer o seu público alvo, podendo oferecer-lhes produtos que vão ao encontro de suas necessidades e ambições. Dessa forma, através da abordagem aos aspectos teóricos sobre Controle Estatístico do Processo, por meio da aplicação do ciclo DMAIC, pode-se identificar os principais erros cometidos em uma empresa de distribuição de autopeças situada no Norte do Rio Grande do Sul, para posteriormente corrigi-los, agregando excelência ao serviço prestado.*

***Palavras Chave****: Qualidade, DMAIC, processo, controle estatístico, sixsigma, cartas de controle, produção.*

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à intensificação da demanda por mercadorias e serviços com qualidade elevada e preço reduzido, as empresas utilizam de forma extensiva, metodologias capazes de detectar e corrigir produtos/serviços defeituosos, através de estudos prévios que visam impedir a ocorrência do erro, evitando o retrabalho.

Com o auxílio da metodologia denominada Seis Sigma, o Controle Estatístico do Processo consegue determinar o nível de qualidade e o custo de gerenciamento total do processo. Esse programa tem como propósito, demonstrar as falhas transcorridas durante o processo, que afastaram um maior índice de lucratividade, e sucessivamente corrigi-las, elevando a qualidade do serviço ou produto.

O principal objetivo deste trabalho é demonstrar de forma prática, a eficácia do Controle Estatístico da Qualidade, mediante a apresentação dos dados colhidos durante a aplicação do estudo da metodologia DMAIC numa empresa de autopeças.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Qualidade trata-se de serviços ou produtos que atendam a necessidade do cliente, logo, a qualidade é instrumento que afeta de forma positiva as organizações e pessoas, ou seja, apenas um serviço detêm qualidade quando superar as expectativas ou ir ao encontro a elas. Observa-se a sua importância, quando os consumidores se deparam com um produto ou serviço que não satisfaz as suas necessidades, dessa forma, é inevitável a conclusão de que a qualidade foi interrompida (GOMES, 2004).

Visando poder coordenar da maneira mais eficiente possível os processos de qualidade, utiliza-se a ferramenta CEP (Controle Estatístico do Processo), que oferece um “raio x” do processo, mostrando as variáveis do mesmo, através de dados coletados que por sua vez possibilitam a análise e a imobilização das causas especiais (que não são provindos do processo), que possam comprometer o processo. Através do CEP, as empresas reduzem o retrabalho gerando assim menos custos e proporcionando uma gerencia dos processos de maneira mais eficaz. (RIBEIRO; CATEN, 2012).

Conforme Ruthes et. al (2006), usar a variação do processo ajuda a gerência a entender o desempenho real da organização e seus processos. Nesse sentido, a metodologia Seis Sigma tem por objetivo estreitar ou reduzir a variabilidade dos processos cujos valores possam ser comprimidos dentro dos limites de variação até que os seis desvios-padrão dos valores especificações pelo cliente. As medidas Seis Sigma não são estáticas, sendo necessário ter a consciência de modificá-las quando as necessidades dos clientes mudam.

Adentrando na metodologia 6sigma encontram-se métodos para a solução de problemas, onde, destes o mais popularizado e usual, chama-se segundo de DMAIC. A sigla é descrita como: define (definir), measure (medir), analyse

(analisar), improve (melhorar) e control (controlar), sendo estas as etapas a serem cumpridas para implementação da metodologia Seis Sigma (CLETO E QUINTERO, 2011).

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi aplicado em uma empresa do ramo de distribuição de autopeças, cuja qual, tem sua matriz em um Município localizado ao norte do Rio Grande Do Sul, sendo assim, realizados de forma aplicada valendo-se das técnicas empregadas no CEP, onde iniciou-se os estudos para aplicação do ciclo DMAIC.

### Define

Segundo RIBEIRO e CATEN (2012), a fase Define (definir) Tem como objetivo a compreensão da causa, o desenvolvimento do projeto e os objetivos e metas a serem atingidos, envolvendo os colaboradores informando-os sobre os motivos e os objetivos a serem alcançados. A principal metodologia empregadas nesta etapa foi a Matriz de priorização CTQ's representada pela Tabela 1

| CTQ´s | | |
|---|---|---|
| VOC | VOP | VOP MENSURÁVEL |
| Receber itens corretos | Vendedor deve selecionar e enviar corretamente os itens | Fração de itens enviados corretamente para itens devolvidos |

Tabela 1: Matriz de priorização

A tabela 1 revela que a expectativa do cliente é a de receber os itens corretos, e o meio de medir é através da fração entre os itens enviados corretamente e os devolvidos.

### Measure

A etapa denominada de Measure (medir), baseia-se na coleta de dados referentes ao problema objeto deste artigo, tal seja, devolução demasiada de produtos. Assim, os estudos foram elaborados a partir da observação do trabalho realizado no turno da manhã da empresa estudada, em especial, o processo de venda realizado por quatro vendedores, onde foram feitos orçamentos diferentes com base em amostras de produtos também diferentes, possibilitado a criação da Tabela 2.

| Vendido | Devolvido | **Devolvidos/vendidos** | Vendido | Devolvido | **Devolvidos/vendidos** |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0,2 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| 6 | 2 | 0,33333333 | 3 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 24 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 0,5 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0,33333333 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | | | |

Tabela 2: Relação de itens vendidos por devolvidos.

**Analyse**

A fase Analyse (Analisar) pode ser definida como a principal fase do ciclo, pois nela são verificados os dados obtidos, realizando um profundo olhar sobre as variáveis podendo assim denominar as causas raízes dos problemas. (CLETO e QUINTERO, 2011).

**Carta de Controle**

Após a coleta dos dados, efetuou-se então a carta P que segundo RIBEIRO e CATEN (2012), é utilizada para a fração de não-conformes, ou seja, quando as amostras são de diferentes tamanhos. Ainda de acordo com o autor, considera-se p' como sendo a média das médias entre o d (número de itens defeituosos) e o n (número de itens inspecionados), portanto, os limites de controle inferior e superior devem ser calculados através das seguintes equações:

$$LIC = p' - 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}} \qquad LSC = p' + 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$$

Sendo assim, com os dados coletados na etapa Define, foi possível efetuar os limites de controle:
p´ = 0.0402, n´ = 4.4222; LSC = 0.128 e LIC = -0.04 = 0

Em seguida elaborou-se a Carta por Atributo P, representada pela Figura 1.

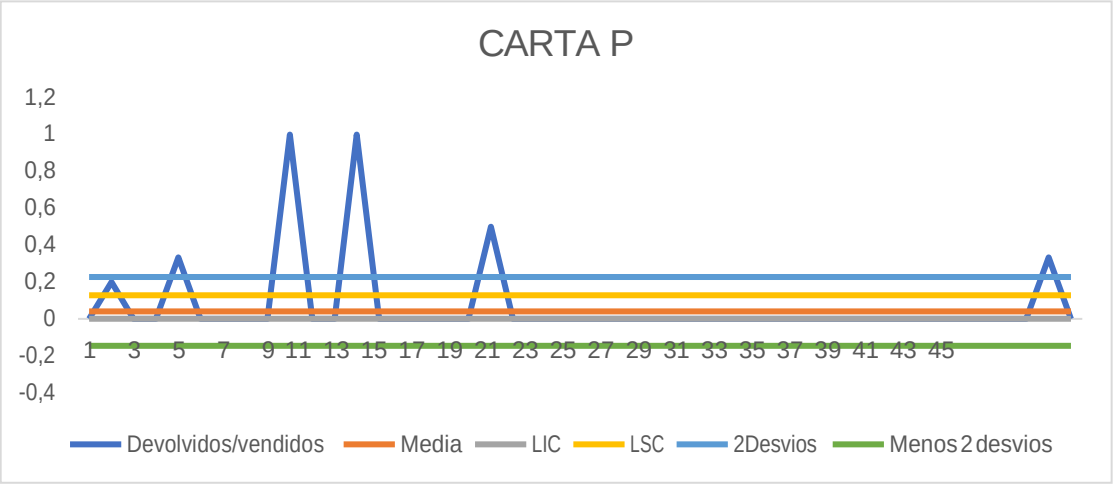



Figura 1 – Carta P

Mediante a figura 1, pode-se identificar que todos os desvios estão acima do limite superior de controle, estando o processo fora de controle.

**Capabilidade do Processo**

De acordo com RUTHES, CERETTA e SONZA (2006), Cp trata-se do coeficiente de Capabilidade do processo e o Cpk é o índice de Capabilidade. Sendo o método de cálculo usa-se os seguintes algorítimos:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{variação\ permitida\ dentro\ das\ especificações}{variação\ esperada\ do\ processo} \qquad C_{pk} = \frac{\min((\bar{\bar{X}} - LIE), (LSE - \bar{\bar{X}}))}{3\sigma}$$

Que possibilitou os resultados:
Cp = 0,22CpkLSE = 0,313; Cpk LIC = 0,143

Segundo RIBEIRO e CATEN (2012), a avaliação do cálculo do índice é definida por: Processo Incapaz: Cp/Cpk< 1, Processo Aceitável: 1 ≤ Cp/Cpk ≤ 1,33; Processo Capaz: Cp/Cpk ≥ 1,33.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que, com Cp= 0,22 e Cpk de 0,143, o processo é considerado incapaz.

### Diagrama de Ishikawa

A ferramenta Diagrama de Ishikawa, trata-se de uma forma gráfica usada para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito). (JUNIOR, 2010).

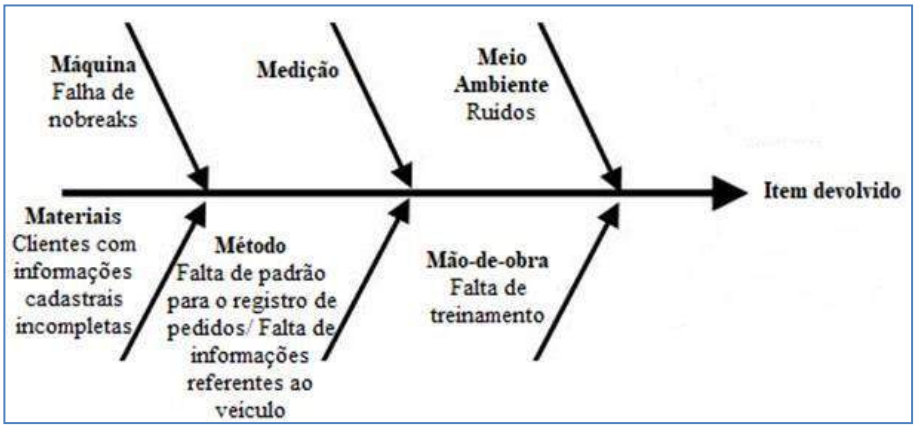



Figura 2 Diagrama de Ishikawa

Através deste diagrama representado pela Figura 2, obteve-se os principais motivos que geram o erro do item, ou a sua devolução.

### Os 5 Porquês

A ferramenta 5 Porquês, auxilia no aprofundamento da análise onde deve-se fazer a pergunta de o porquê da ocorrência de um problema e, a cada causa encontrada, o porquê dos problemas. Tem por função elucidar os motivos pelos quais estes ocorrem. (GOMES; PENEDO, 2008). Sendo assim, a análise foi feita conforme o Quadro 1.

| | **Ruídos** |
|---|---|
| **1° Por quê?** | Porque os ruídos atrapalham |
| **2° Por quê?** | Porque o som de cada vendedor ultrapassa a cabine |
| **3° Por quê?** | Porque as cabines não são isoladas acusticamente |
| **4° Por quê?** | Porque não foi feito plano para montagens |
| **5° Por quê?** | Porque não foi elencado como prioridade |

| | **Falha de Nobreak** |
|---|---|
| **1° Por quê?** | Porque os nobreaks falham |
| **2° Por quê?** | Porque eles estão deteriorados |
| **3° Por quê?** | Porque não é dada a devida manutenção |
| **4° Por quê?** | Porque não existe uma política de manutenção preventiva |
| **5° Por quê?** | Porque há uma política de manutenção corretiva |

| | **Clientes com dados cadastrais incorretos** |
|---|---|
| **1° Por quê?** | Porque os dados estão incorretos |
| **2° Por quê?** | Porque no momento da entrega, verifica-se que o cliente não está no mesmo endereço do cadastro |
| **3° Por quê?** | Porque o mesmo mudou de endereço e não comunicou ao setor de dados cadastrais |
| **4° Por quê?** | Porque comunicou o vendedor, e este não repassou |
| **5° Por quê?** | O vendedor realizou outras vendas e não comunicou o setor de cadastros |

| | **Falta de informações referentes ao veículo** |
|---|---|
| **1° Por quê?** | Porque não havia todas as informações necessárias do veículo |
| **2° Por quê?** | Porque o cliente não soube informar |
| **3° Por quê?** | Porque existem dois modelos de peça no mesmo ano do veículo |
| **4° Por quê?** | Porque a montadora de automóveis não tem padrão de montagem |
| **5° Por quê?** | |

| | **Falta de Treinamento** |
|---|---|
| **1° Por quê?** | Porque há falta de treinamento |
| **2° Por quê?** | Porque não faz parte do planejamento da empresa |
| **3° Por quê?** | Porque não há uma política de planejamento estratégico para o setor |
| **4° Por quê?** | Porque a empresa não possui planejamento estratégico |
| **5° Por quê?** | Porque administradores não veem por necessidade a sua implementação |

| | **Falta de padrão para o registro** |
|---|---|
| **1° Por quê?** | Porque não há padrão para registro de pedidos |
| **2° Por quê?** | Porque cada vendedor utiliza um método |
| **3° Por quê?** | Porque não sem tem um padrão exigido pela empresa |
| **4° Por quê?** | Porque a empresa não fornece treinamento |
| **5° Por quê?** | Porque os gestores administram a empresa de maneira antiga e não veem por necessidade a sua implementação. |

Quadro 1: Análise dos 5 Porquês

O quadro 1, apresenta as causas raíz dos fatores encontrados no Diagrama de Ishikawa.

**Implant**

Para RIBEIRO e CATEN (2012), na etapa Implant (implementar), definem-se os responsáveis em realizar cada ação, porque realizar a ação, os prazos para a conclusão das ações, de que modo realizar a ação e os custos de implantação, é a etapa onde a mudança deve ser feita, removendo as causas raízes e reformulando os processos, através do 5W2H estabelecem-se prazos e atribuem-se responsabilidades. Tal análise pode ser vista na Tabela 4.

| Why | What | How | Where | Who | How Much | When |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Porque? | O que? | Como? | Onde? | Quem? | Custo? | Quando? |
| Queda no sistema | Instalação de nobreaks | Comprando e instalando | No setor televendas | Gestor de televendas | 200 R$ cada | 20/07/2018 |
| Dados cadastrais incorretos | Ajustar dados cadastrais | Verificando com as compras anteriores | Sistema | Cada atendente ajusta de seus clientes | Tempo/Hora | 01/08/2018 |
| Poluição sonora | Instalação de espumas antirruídos | Comprando e instalando | No setor televendas | Gestor de televendas | Custo das espumas | 06/08/2018 |
| Falta de treinamento | Treinar atendentes para não errarem na venda | Dando treinamento | Para vendedores | Treinador terceirizado | Custo/ hora do treino | Todo bimestre |
| Falta de informações referentes ao veículo | Não enviar itens sem receber código original ou foto | Sensibilizando o cliente de que o erro invoca em Custos | Em ligação de cliente/atendente | Atendente | 0 | A cada ligação |
| Falta de padrão para registro de pedidos | Realizar o registro no computador durante a ligação | Utilizando o sistema para anotar o pedido | Durante a ligação | Atendente | 0 | Tempo da ligação |

Tabela 4: Plano de Ação, 5W2H

**Control**

Etapa final do ciclo, a control (controlar), deve ser feita uma análise sobre a eficácia das ações e definindo como manter as melhorias de uma forma permanente e tendo como por foco responder se o cliente está satisfeito. (CLETO; QUINTEIRO, 2011). Para isso utiliza-se a ferramenta Plano de Controle conforme Tabela 5.

| X Vital | Controle | Meio utilizado | Frequência | Local de registro | Responsável | Plano de reação |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poluição sonora | Controlar o alto ruído no setor televendas | Instalação de espuma antirruídos | Todo mês verificar a integridade da espuma | Setor de televendas | Gestor | Separar todos atendentes |
| Queda do Sistema | Instalando material antiqueda de energia | Instalação de nobreak | Todo ano | Setor de televendas | Gestor | Instalar vários nobreaks |
| Dados cadastrais incorretos | Lançar informações corretas | Lançar e verificar cadastro por cadastro | A cada 60 dias | Sistema | Vendedor específico dos clientes | Selecionar um colaborador para realizar a tarefa |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Falta de treinamento | Treinar funcionários para diminuir índice de erro | Treinamento | A cada três meses | Setor de televendas | Gestor/treinador | Alternar tipo de treino e treinadores |
| Falta de informações referentes ao veículo | Enviar o produto apenas se obter todas as informações necessárias | Argumentação | Em toda ligação | Setor de televendas | Vendedor | Implementar o sistema B2B para que cliente possa visualizar o item |
| Falta de padrão para registro de pedidos | Realizar o registro dos itens no sistema | Utilização do sistema para registro antes de concluir a ligação | Em toda ligação | Setor de televendas | Vendedor | Controlar através de histórico do pedido no sistema as etapas seguidas |

Tabela 5: Plano de Controle

## 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente artigo viabilizou uma análise sobre a aplicação do Ciclo DMAIC em uma empresa do ramo de autopeças, possibilitando obter dados seguros sobre o processo, a fim de otimizá-lo, evitando retrabalhos e agregando qualidade ao processo e respectivamente ao produto. Verificou-se que o índice de itens devolvidos é demasiadamente alto, através das ferramentas disponíveis foram elencadas as causas do problema raiz, de forma que fora possível resolve-los. O processo de aplicação do ciclo DMAIC, gerou inúmeros benefícios que foram demonstrados no decorrer desse artigo, entretanto, para a sua completa eficiência, as lideranças da empresa precisam estar comprometidas à transpassar os ensinamentos como forma de cultura no ambiente de trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS

CLETO, M.G.; QUINTEIRO, L. *Gestão de Projetos através do DMAIC: Um estudo de caso na indústria automotiva*, Revista Produção Online v.11, n.1, mar. 2011.

GOMES, A.C.S.; PENEDO, A.S.T. *Círculo de controle de qualidade como ferramenta para diminuição de custo numa indústria de fiação de algodão na cidade de Ituverava, Nucleus, v. 5. n. 1, abr. 2008.*

GOMES, P.J.P. *A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufacturados aos serviços de informação, Cadernos BAD, 2004.*

JUNIOR, C.C.M.F. *Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde, INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção v.2, n.9, set. 2010.*

RIBEIRO, J.L.D; CATEN, C.S.T. *Controle Estatístico do Processo Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição, Porto Alegre-RS: FEENG/UFRGS – Fundação Empresa Escola de Engenharia da UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, 2012.*

RUTHES, S.; CERETTA, P.S.; SONZA, I.B. *Seis Sigma: Melhoria Da Qualidade Através Da Redução Da Variabilidade, Ponta Grossa-PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2006.*

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# OTIMIZAÇÃO NA GESTÃO DE PROJETOS COM O USO DO GUIA PMBOK®: UM ESTUDO DE CASO NA CAVIZZA® PROJETOS LTDA – ME

**Michel Cavalheiro**
**Darci Luiz Kuiawinski.**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
michel@cavizza.eng.br / kdarci@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Nas últimas décadas, o setor da engenharia civil, vem sofrendo mudança constantes, decorrentes da necessidade de acompanhar um mercado cada vez mais exigente e competitivo. Aliado a esse cenário mutável, tem-se observado a popularização da gestão de projetos, tonando-se peça fundamental da engenharia civil, garantindo que os projetos atinjam os resultados esperados aliado a uma alta performance de execução. Fundamentado na gestão de projetos o presente artigo tem como objetivo propor uma reordenação e otimização no processo de gerenciamento de projetos na Cavizza® Projetos Ltda – ME, com base no guia PMBOK® - Project Management Body of Knowledge. A fundamentação teórica consolidou uma base sólida para o entendimento e detalhamento de cunho técnico das etapas que formam um projeto, sendo apresentado as dez áreas do conhecimento propostas pelo guia PMBOK®. O detalhamento da metodologia de gestão de projetos vigente na empresa e seus fatores críticos, possibilitando determinar cinco, dentre as dez áreas do conhecimento apresentadas, como objetos de um estudo mais profundo. Dentre as áreas escolhidas estão as áreas de gerenciamento do escopo, gerenciamento do tempo, gerenciamento do custo, gerenciamento da qualidade e gerenciamento da integração. Posteriormente e sob a luz do PMBOK® desenvolve-se uma análise crítica do atual método de gestão em cada uma das cinco áreas do conhecimento escolhidas, possibilitando a elaboração de ferramentas de gerenciamento de projeto especificas, o que resultou em uma nova metodologia de gerenciamento de projetos na referida empresa. Explicitando-se assim os resultados, os benefícios gerados e os ganhos de cunho quantitativos e qualitativos na Cavizza® Projetos Ltda – ME.*

***Palavras chave:*** *Gerenciamento de projetos. Gerenciamento em construção. PMBOK®.*

## 1. INTRODUÇÃO

Cada ser humano, independentemente da sua origem, grau de instrução ou poder aquisitivo, tem, como algo comum em seu cotidiano, o desenvolvimento de projetos. Se você está cozinhando uma refeição especial, construindo uma casa na árvore, planejando uma festa para seus pais ou atualizando o sistema operacional de seu computador, está diretamente ligado a um projeto, que necessita obrigatoriamente de uma boa gestão para que tenha o resultado esperado. (KANABAR; WARBURTON, 2012).

A gestão de projetos quando relacionados a engenharia civil e suas ramificações, tem ganhado espaço a cada dia. Esse crescente apelo por gestão de projetos se deve principalmente ao anseio da alta performance nos projetos bem como à complexidade dos mesmos, arquiteturas cada vez mais arrojadas e uma necessidade por construções com um melhor custo benefício. Entretanto, quando a gestão de projetos é falha e ou inexistente os riscos aumentam, os erros tornam-se corriqueiros, cresce a incompatibilidades entre as etapas, assim como o retrabalho. Por serem executados por pessoas muitas vezes com limitação de recursos técnicos e pouco capacitadas, a tendência é de que estes levem mais tempo para a execução e com isso o resultado esperado em termos de tempo e de escopo sejam diferentes daqueles inicialmente planejados, o que pode incorrer em custos globais maiores.

Um elemento fundamental no que concerne gestão de projetos, é o escritório de projetos, de acordo com Vargas (2016), o escritório de projeto é o centro de apoio para conduzir, planejar, controlar e finalizar as atividades de suporte aos projetos, é como o painel de instrumento que apoia o motorista (gerente de projetos) a dirigir o carro (projeto).

O presente artigo se propõe a otimizar a gestão de projetos por meio das metodologias propostas pelo guia PMBOK® - Project Management Body of Knowledge, na Cavizza® Projetos Ltda – ME. A referida empresa é focada no desenvolvimento de projetos voltados a área da engenharia civil e suas ramificações, atuando desde o croqui na especificação inicial de um projeto, até os ajustes finais na plotagem do projeto executivo e acompanhamento da

execução do mesmo. As situações retratadas do modelo atual de gestão dos projetos e subprojetos da empresa em questão, assim como a implementação do novo método de gestão de projetos serão peças fundamentais para o artigo, o que permitirá uma análise precisa dos benefícios que serão propostos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A palavra gestão vem do Latim Gestio, ato de administrar, de gerenciar, de realizar. (HOUAISS, 2001). Embora a gestão de projetos tenha se popularizado a pouco tempo, acompanhado pelo aparecimento de inúmeros cursos de pós-graduação MBA's em gestão de projetos, aparentando ser algo novo, sua origem tem cerca de quarenta anos, tangendo o surgimento do próprio Project Management Institute (PMI) - (VARGAS, 2014).

### 2.1 Conceito de gestão de projetos

Para Vargas (2016), o gerenciamento de projetos é um conjunto de ferramentas que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinado ao controle de eventos não repetitivos, únicos e muitas vezes complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados.

De acordo com Valeriano (2015), gestão é a administração dos trabalhos da organização feita segundo um sistema de metodologias designado por governança, objetivando cumprir continuamente a missão de satisfazer as partes interessadas. Finalmente, a organização adota, como procedimento administrativo, um processo de gerenciamento estratégico, segundo qual todos os personagens participantes do processo são considerados, levantados, identificados e atentamente acompanhados.

### 2.2 Conceito de projeto

Nas palavras de Vargas (2016), projeto é um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro dos parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade.

Woiler (2015), define projeto como um conjunto de informações coletadas e processadas, de modo que simulem uma dada alternativa de investimento para testar a viabilidade.

De acordo com PMBOK®, (2013), projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Sendo de natureza temporária os projetos tem início e término definidos.

### 2.3 PMBOK® (Project management body of knowledge)

Valeriano (2015), relata que, o PMBOK® é um guia de gerenciamento de projetos internacionalmente reconhecido. O guia inclui conhecimentos já comprovados através de práticas tradicionais que são amplamente utilizadas em projetos dos mais variegados campos de atuação.

Segundo Vargas (2016), o guia PMBOK®, fornece os conceitos fundamentais de gerenciamento de projetos. Seus conhecimentos podem ser aplicados na maioria dos projetos, sendo que seus conceitos não precisam necessariamente seguir uma uniformidade, cabendo à equipe de projeto escolher aquilo que é mais importante.

O PMBOK® aborda quarenta e sete processos, subdivido dentro de dez áreas de conhecimento. (VARGAS, 2016).

## 3. METODOLOGIA

O desenvolvimento da metodologia do presente artigo será dividido em quatro etapas e abordados respectivamente como pode ser observado na figura 1.

Figura 1. Etapas do desenvolvimento metodológico do artigo

### 3.1 Descrição da empresa

A Cavizza® Projetos Ltda – ME está localizada na rua Emilio Noal, número 254 no bairro Cerâmica da cidade de Erechim – Rio Grande do Sul.

Possui em seu quadro técnico três engenheiros civis, dois desenhistas projetistas cursando o décimo semestre de engenharia civil e dois estagiários estudantes da área. Com registro no CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de número 218048, atua no ramo de engenharia civil e arquitetura a cerca de três anos, tendo em seu portfólio diversos casos de sucessos com projetos residenciais, comerciais, reformas e reestilizações de fachadas e layout internos.

Focada no desenvolvimento de projetos, a empresa, não contempla a execução de obras, tendo como diferencial o uso do BIM e uso aplicado de ferramentas de virtualização de projetos em realidade 3D, uso de recursos de realidade virtual, tornado possível para seus clientes a visualização dos seus projetos prontos, bem como simulações de caminhada interna e externa, fluxo solar entre muitas outras possibilidades antes da obra iniciar.

### 3.2 Descrição do atual modelo de gestão

Na primeira etapa do presente artigo realiza-se um levantamento das informações mais relevantes do atual modelo de gestão vigente na referida empresa. O instrumento de coleta de dados utilizados foi a entrevista semi-estruturada junto aos participantes selecionados, sendo resguardados os dados pessoais dos mesmos.

Esse tipo de entrevista, é informal e o menos estruturado possível e só se distingue da simples conversação porque tem como objetivo básico a coleta de dados. É recomendado nos estudos exploratórios, que visam abordar realidades pouco conhecidas pelo pesquisador, ou então oferecer visão aproximativa do problema pesquisado. (GIL, 2008).

O artigo classifica-se ainda como qualitativo uma vez que não se vale de instrumento estatísticos no processo de análise de seu problema. Sobre esses tipos de artigo, Vergara (2005), assevera que é uma forma adequada para o conhecimento da natureza de um fenômeno social, haja vista o pesquisador coletar os dados na realidade pesquisada para, posteriormente, analisa-los de forma indutiva.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da empresa

A descrição do atual modelo de gestão vigente na citada empresa bem como a análise dos dados coletados desenvolve-se dando ênfase a cinco das dez áreas do conhecimento abordadas pelo guia PMBOK®.

As áreas da gestão do escopo, gestão do tempo, gestão dos custos, gestão de qualidade e gestão da integração foram definidas em virtude dos problemas observados no atual modelo de gestão de projeto na referida empresa, quando analisada a luz da metodologia proposta pelo guia PMBOK®. Isso não torna as outras cinco áreas do conhecimento menos importante, entretanto, a necessidade de uma intervenção precisa nos problemas do atual modelo de gestão da

referida empresa e o direcionamento do escopo do presente artigo, optou-se por manter a ênfase do artigo nas cinco áreas anteriormente mencionada como pode ser observado na figura 2

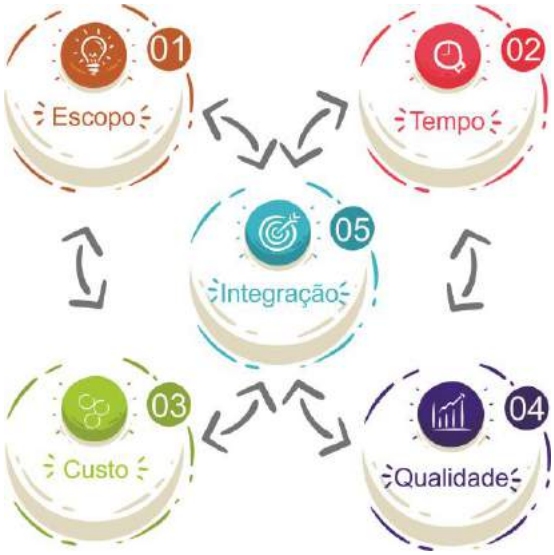



Figura 2. As cinco áreas do conhecimento abordadas

### 4.2 Analise sob a luz do guia PMBOK®

De acordo com o levantamento dos métodos de gestão vigente na referida empresa, explicita-se alguns fatores críticos, como pode ser observado no quadro 1. Esses fatores críticos, de modo geral, interferem nos resultados em cada uma das cinco áreas do conhecimento abordadas no presente artigo, quando analisadas sob a metodologia proposta pelo guia PMBOK®.

Quadro 1. Fatores críticos do atual modelo de gestão na Cavizza® Projetos

| Área do conhecimento | Descrição |
|---|---|
| Escopo | - Perda de informações e premissas essências do projeto.<br>- Excesso de trabalho. |
| Tempo | - Imprecisão do cronograma de tempo de execução das etapas do projeto.<br>- Atraso nos prazos. |
| Custo | - Perdas financeiras.<br>- Perdas referente a reputação e credibilidade. |
| Qualidade | - Qualidade indesejada.<br>- Insatisfação das partes interessadas no projeto. |
| Integração | - Dispersão entre as áreas e ou etapas do projeto.<br>- Não atendimento das necessidades entre as partes interessadas. |

Como pode ser observado no quadro 1, o atual método de gerenciamento vigente na referida empresa possui fatores críticos nas cinco áreas do conhecimento já mencionadas, sendo abordados separadamente no quadro 2 que será apresentado na sequência do presente artigo.

### 4.3 Desenvolvimento das ferramentas de gestão nas cinco áreas do conhecimento

Por meio do embasamento realizado e da análise da atual modelo gestão vigente na Cavizza® Projetos sob a ótica do guia PMBOK®, pode-se observar os fatores críticos e suas consequências, explicitando a necessidade do desenvolvimento e aplicação de ferramentas para o gerenciamento das cinco áreas do conhecimento objetos de estudo no presente artigo. O resultado da desenvolvimento e aplicação dessas ferramentas bem como a forma inicial de migração do atual método de gestão para a nova gestão com o uso dessas ferramentas podem ser observadas nos tópicos a seguir.

### 4.4 Aplicação da nova gestão de projetos na Cavizza® Projetos

A nova gestão de projetos na referida empresa originou-se da aplicação das ferramentas desenvolvidas nas cinco áreas do conhecimento, ocasionando uma reordenação no processo de gestão de projetos. Com o decorrer dos dias e do uso da nova gestão de projetos, pode-se observar algumas das mudanças ocasionadas com a implantação da nova gestão. Essas mudanças podem ser observadas no quadro 2.

Quadro 2. Antes e depois da nova metodologia de gestão de projetos na Cavizza® Projetos

| Área do conhecimento | Antes (até 16/03/2018) | Depois (após 16/03/2018) | |
|---|---|---|---|
| | Fatores Críticos | Ferramentas | Resultados |
| Escopo | - Perda de informações e premissas essências do projeto. | Apêndice A<br>Apêndice B<br>Apêndice C | - Informações essenciais do projeto bem detalhadas e armazenadas. |
| | - Excesso de trabalho. | | - Projetos desenvolvidos fielmente a solicitação do cliente.<br>- Redução do número de revisões. |
| Tempo | - Atraso nos prazos. | Apêndice D | - Prazos exequíveis e melhor planejados.<br>- Redução no número de projetos com atrasos. |
| | - Imprecisão do cronograma de tempo de execução das etapas do projeto. | | - Controle do tempo de cada etapa do projeto.<br>- Monitoramento e ajuste contínuo no tempo de cada etapa do projeto. |
| Custo | - Perdas financeiras. | Apêndice E | - Conhecimento real de todos os custos do projeto.<br>- Margem de lucro bem definida.<br>- Redução de perdas financeiras (Combustível, impressões, tempo e outros). |
| | - Perdas referentes a reputação credibilidade. | | - Não mensurado. |
| Qualidade | - Qualidade indesejada. | Apêndice F | - Maior controle de qualidade na conferência de obras.<br>- Identificação antecipada de não conformidades. |
| | - Insatisfação dos envolvidos. | | - Não mensurado. |
| Integração | - Dispersão entre as áreas e ou etapas do projeto. | Apêndice D<br>Apêndice G | -Melhor integração no desenvolvimento, monitoramento e controle das etapas do projeto. |
| | -Não atendimento das necessidades entre os envolvidos. | | - Redução considerável na quantidade de dúvidas em obra.<br>Melhoria na integração entre a equipe de projeto e equipe de obra. |

Os dados apresentados nos quadros 7, foram oriundos da análise comparativas entre 6 projetos completos, desenvolvidos com a antiga gestão de projetos e 6 projetos completos desenvolvidos sob a nova gestão de projetos e por meio do uso das ferramentas de gestão criadas na referida empresa. A análise comparativa foi realizada entre meados do mês de março com o início da aplicação da nova gestão de projetos, até o início do mês de julho na elaboração do presente artigo.

Evidencia-se nos dados apresentados uma minimização quase que, integral dos fatores críticos apontado na antiga gestão. Entretanto alguns fatores críticos exigem um tempo de analise maior, visto que, os resultados começam a aparecer a longo prazo, como o caso da reputação, credibilidade e fatores relacionados as partes interessadas do projeto, principalmente no que concerne, retorno de informações e avaliação de satisfação para com a empresa por parte dos proprietários das obras

## 5. CONCLUSÕES

A gestão de projetos na última década tem ganhando popularidade e destaque no cenário mundial, sendo objeto de estudos e aplicações nos mais variados ramos de atividades. Na construção civil a gestão de projetos tem sido agente de

mudanças de hábitos, melhorias e um maior controle das etapas de um projeto independentemente do seu tamanho. Participante ativo nessa mudança está o escritório de projetos.

O escritório de projeto está diretamente ligado a busca da otimização e da alta performance da execução dos projetos. Responsável por coordenar, gerenciar e controlar as atividades de suporte aos projetos. O escritório de projetos é a central de apoio técnico para que o gerente de projetos conduza o mesmo até a sua conclusão. Objeto de estudo no presente artigo, cujo o objetivo é reordenação e otimização do processo de gestão de projetos na empresa Cavizza® Projetos LTDA – ME, com base no guia PMBOK®.

A migração para a nova gestão, com o uso das ferramentas desenvolvidas, ocorreu logo ao termino das mesmas em meados do mês de março o que possibilitou a sua utilização dos projetos. Incialmente percebe-se uma diferença, decorrente da descentralização das atividades, pois o uso das ferramentas, possibilitou qualquer colaborador realizar as entrevistas e ou conferências, uma vez que estas, foram desenvolvidas de forma sequencial como um roteiro.

Com o passar dos dias e do uso das ferramentas, a coleta, a distribuição, o controle e o armazenamento das informações essenciais do projeto realizou-se de modo preciso, determinando uma maior organização e controle das atividades por todos os colaboradores, proporcionando assim, uma integração entre os setores, fazendo com que as tomadas de decisões ocorressem de forma segura, rápida e objetiva. Essas mudanças determinaram ganhos de cunho quantitativos, devido a minimização das perdas de informações e um proporcionarem um escopo mais alinhado e detalhado, reduzindo o número de revisões e consequentemente o excesso de trabalho, as dúvidas e os deslocamentos até a obra o que gerou economia no tempo e no custo do projeto. Foi possível também observar, que a aplicação das ferramentas de gerenciamento de projeto e a nova gestão ocasionaram resultados de cunho qualitativo, decorrente de um processo melhor gerenciado, as tomadas de decisões tiveram um ganho de efetividade, motivando a equipe de projeto a buscar diariamente a autodisciplina e a inovação para melhoria continua do processo, com isso, ocorreu uma melhoria internas nas relações interpessoais na referida empresa, bem como externamente para com as equipes de execução de obras.

Sendo assim, é possível concluir, que todas as mudanças no gerenciamento de projeto bem como da equipe de projetos da Cavizza® Projetos, minimizaram quase que integralmente fatores críticos levantados na antiga gestão, sendo que alguns fatores críticos, apesar de uma percepção de melhoria, não tiveram tempo hábil para um retorno preciso quanto as mudanças, uma vez que seus resultados aparecerão a longo prazo.

## 6. REFERÊNCIAS

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 2008.

HOUAISS, Antônio. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro, Ed. Objetiva, 2001.

KANABAR, Vijay, WARBURTON, D. Roger. Gestão de projeto, 2012.

MENEZES, L. C. de M. Gestão de projetos. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2009

MULCAHY, R. Preparatório para o Exame de PMP®. 5. ed. Estados Unidos da América: RMC Publications, 2007.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - PMI. PMBOK® Guide: A Guide to The Project Management Body of Knowledge. Pennsylvania: Project Management Institute, 5 ed, 2013.

TRENTIM, M.H. Gerenciamento de projetos: guia para as certificações CAPM E PMP. São Paulo: Atlas, 2014.

VALERIANO, Dalton; Moderno gerenciamento de projetos – 2.ed. – São Paulo; Pearson Education do Brasil, 2015.

VARGAS, R. Gerenciamento de projetos – Estabelecendo diferenciais competitivos. 7ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

VARGAS Ricardo -Gerenciamento de Projetos agosto, 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/user/rvvargas> Acesso em setembro de 2017

VARGAS, R.V. Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos, 8. ed. Rio de Janeiro: Brasport 2016.

VERGARA, Sylvia Constant. A utilização da construção de desenhos como técnica de coleta de dados. In: VIEIRA, Marcelo Milano Falcão; ZOUAIN, Deborah Moraes (Orgs.). Pesquisa qualitativa em administração – teoria e prática. Rio de Janeiro: FGV, 2005.

WOILER, Samsão: Projeto: planejamento, elaboração, análise – 2.ed. – São Paulo: Atlas, 2015.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# IMPLEMENTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA PINTURA DE MESAS E CADEIRAS DE UMA INDÚSTRIA

**Poliane Flávia Picolo Czapela**
**Gabriele Gasperin**
**Andressa Fátima Lós**
**Cleber Serafim Lopes**
polianeczapela@yahoo.com.br; gabrielegasperin@hotmail.com; andressa_los_@hotmail.com
cleberlopes@uricer.edu.br
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus de Erechim

***Resumo.*** *O presente artigo trata sobre a aplicação de algumas ferramentas do (CEP) Controle Estatístico do Processo, em uma pequena indústria localizada em Erechim-RS. O mesmo foi desenvolvido para corrigir erros, buscando a causa raiz dos problemas no processo de pintura, evitando retrabalhos e assegurando um produto de qualidade ao cliente final. Para isso foi implementado, de forma plena, a metodologia do ciclo DMAIC.*

***Palavras-chaves****: qualidade, processo, controle estatístico, six sigma, cartas de controle, produção.*

## 1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais a qualidade é a imagem de todas as organizações, e na indústria Metalmecânica, não é diferente. Sendo assim, todos os processos organizacionais precisam ser definidos, mensurados, analisados e controlados de forma a garantir que os produtos atendam às exigências de seus clientes. Um dos principais desafios é analisar todos estes processos, pois envolvem diversas variáveis que são, a princípio, incontroláveis. Para auxiliar nisto, caracteriza-se as ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP), que buscam entender as variabilidades existentes nos processos, e encontrar as suas causas, para desta forma, ter soluções para serem implementadas.

Desta forma, este artigo tem por finalidade aplicar os conceitos do Controle Estatístico do Processo (CEP) de modo que consiga verificar os índices de defeitos, analisa-lo e buscar soluções para a redução dos retrabalhos do processo de pintura de diferentes componentes de cadeiras, em uma fabricante de mesas e cadeiras no norte do Rio Grande do Sul. Para tal, utilizou-se do referencial teórico para compreender a utilização da Ferramenta da qualidade CEP e determinar o modo de aplicar a metodologia DMAIC.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A qualidade é a condição que diferencia um produto de outro, podendo ser dividida em dimensão objetiva e dimensão subjetiva. A dimensão objetiva diz respeito aos aspectos físicos de um produto/serviço e a subjetiva refere-se à capacidade que as pessoas têm de diferenciar as características do produto/serviço (TOLEDO, et al., 2017).

Carpinetti (2016), acrescenta que, por ser uma palavra muito difundida, 'qualidade' acaba sendo associada a diversos aspectos. Dessa forma, pode estar relacionada aos atributos de um produto, ou então, com relação a satisfação dos clientes. Pode ainda ser avaliada pela conformidade do produto fabricado com a suas especificações de projeto; ou em função do valor relativo do produto.

Uma maneira de mensurar a qualidade é através de CTQs (*critical to quality*), definidas como Características Críticas para a Qualidade, ou seja, requisitos de desempenho estabelecidos pelo cliente de um produto ou serviço (ANDRIETTA et. al, 2002). O autor afirma que a mensuração dos CTQs possibilita o planejamento, monitoramento e aprimoramento de um processo produtivo, atribuições que o Controle Estatístico do Processo (CEP), cumpre em sua plenitude, pois este possui como objetivo principal controlar os resultados de um processo, entregando a menor variabilidade possível nas características da qualidade dos processos responsáveis pela produção de um produto ou a execução de um serviço.

Para monitorar continuamente o processo e verificar sua variabilidade, o CEP utiliza as cartas de controle, que monitoraram a dispersão de um processo, verificando se os seus dados assumem uma ou várias direções e assim detectar se o processos que está fora de controle estatístico, ou seja, a carta permite identificar as causas de variação durante a execução do processo para posteriormente corrigi-las (RAMOS et. al, 2013).

Andrietta, et. al (2002) afirma que uma abordagem estratégica que busca identificar e eliminar as causas da variabilidade e dos defeitos dos processos é o conceito Seis Sigma, que procura atingir a melhoria contínua dos processos alinhado aos requisitos dos consumidores. Esse conceito, diz respeito ao nível de capabilidade do processo que ocorre quando comparada a variabilidade natural de um processo com as especificações de um determinado produto, o que fornece assim, uma estimativa de como o processo se comportará em relação às falhas.

Ao encontro da implementação do conceito do Seis Sigma, o ciclo DMAIC é aplicado como um roteiro de execução através da aplicação de diversas ferramentas estatísticas e de gestão da qualidade (CLETO, 2011). O ciclo é composto pelas etapas: *Define* (Definir), que consiste nas definições do processo; *Mensure* (Medir), representando a medição numérica através dos dados; *Analise* (Analisar), quando deve-se analisar as causas das variações; *Improve* (Melhorar), criação e aplicação de um plano de melhorias; e *Control* (Controlar), definido como ações a serem tomadas em casos de anomalias no processo.

A capabilidade do processo (Cp) considera estimadores para a dispersão do processo, buscando melhorar os índices e aprimorar a capacidade do processo, para assim atender as necessidades do cliente (RAMOS et. al., 2013).

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

O estudo de caso baseou-se em pesquisa bibliográfica para posterior levantamento de dados e aplicação da metodologia. A coleta dos dados foi realizada na própria empresa, possibilitando avaliar o processo de pintura, mensurando a quantidade de componentes de cadeiras riscadas e com água, em relação ao total fabricado, no mês de maio de 2018. Para conhecer melhor o problema e chegar-se a uma solução apropriada, foi utilizada a metodologia DMAIC.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados coletados foi definido o problema, realizada a medição de variações no processo, analisado os dados e através disto, pensado em melhorias para diminuir as causas da variação, aprimorando o processo.

### 4.1 Definir

Nesta etapa, realizou-se a definição das características do processo utilizando a Matriz dos CTQs (Características Chaves do Processo), conforme apresentado na Tabela 1, e assim determinando quais são as expectativas do cliente, transformando estas em voz do processo e estabelecendo a maneira de mensurá-las.

Tabela 1. Matriz dos CTQ's.

| VOC | VOP | CTQ MENSURÁVEL |
|---|---|---|
| - Componentes de cadeiras com pintura uniforme. | - Pintura sem riscos; | - Porcentagem de componentes de cadeiras riscadas em um determinado período; |
| | - Pintura sem bolha; | - Porcentagem de componentes de cadeiras sem bolhas d'água. |

### 4.2 Medir

Para a medição dos defeitos do processo estudado, foram utilizados os dados referentes ao mês de maio de 2018, coletados através da Folha de Verificação. Para o cálculo da variabilidade do processo, foi realizada em percentual, a relação de defeitos encontrados pelas peças fabricadas. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Porcentagem de retrabalhos do mês de maio.

| Modelos | Com água | Riscada | Média | Amplitude |
|---|---|---|---|---|
| Cadeira fixa | 0% | 0,13% | 0,06% | 0,13% |
| Cadeira beezi fixa | 5% | 1,11% | 3,05% | 3,89% |
| Cadeira beezi giratória com braço | 0% | 5,50% | 2,75% | 5,50% |
| Cadeira beezi giratória sem braço | 0% | 0% | 0,00% | 0,00% |
| Cadeira S beezi | 0% | 0% | 0,00% | 0,00% |
| Cadeira aproximação S | 0% | 0% | 0,00% | 0,00% |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Cadeira elo | 0,76% | 0% | 0,38% | 0,76% |
| Aro caixa | 1,91% | 0% | 0,95% | 1,91% |
| Bracinho | 0,47% | 0% | 0,24% | 0,47% |
| Plaxforma | 0% | 0% | 0,00% | 0,00% |
| L da Back | 0% | 0,02% | 0,01% | 0,02% |
| Laminas | 0% | 0% | 0,00% | 0,00% |
| Luva | 0% | 0% | 0,00% | 0,00% |
| | | **Médias** | **0,57%** | **0,97%** |

### 4.3 Analisar

Para a fase de análise, utilizou-se a Carta de Controle das Amplitudes (R) e Carta de Controle das Médias (Xbarra), calculando assim, primeiramente as médias individuais e a média total, possibilitando a elaboração da Figura 1. Os limites de controle superior e inferior foram calculados através da seguinte forma:

- Gráfico R:

$LSC = D_4 \times \bar{R}$
$LSC = 2{,}574 \times 0{,}97\%$
$LSC = 2{,}49\%$

$LC = \bar{R}$
$LC = 0{,}97\%$

$LIC = D_3 \times \bar{R}$
$LIC = 0 \times 0{,}97\%$
$LIC = 0\%$

- Gráfico Xbarra:

$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R}$
$LSC = 0{,}57 + (1{,}023 \times 0{,}97\%)$
$LSC = 1{,}56\%$

$LC = \bar{\bar{X}}$
$LC = 0{,}57\%$

$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R}$
$LIC = 0{,}57 - (1{,}023 \times 0{,}97\%)$
$LIC = 0{,}42\%$

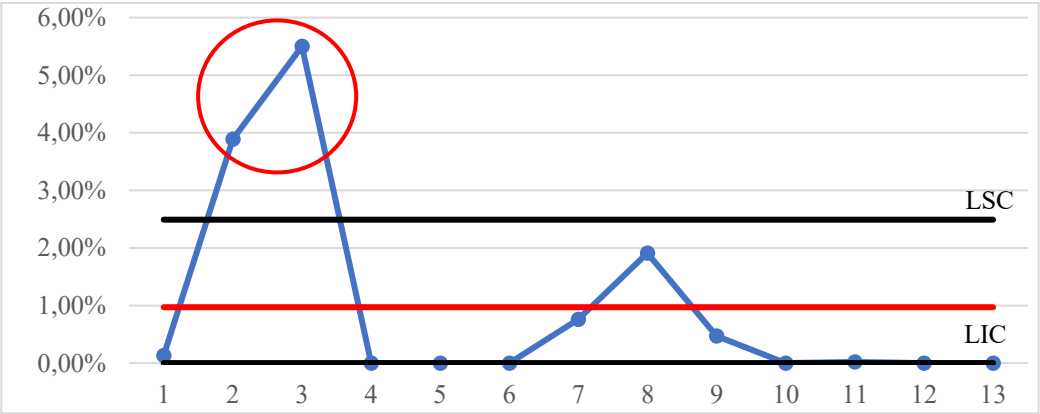



Figura 1. Carta de Controle das Amplitudes (R) do processo de pintura

Observa-se através dos pontos 2 e 3, que o processo está Fora de Controle estatístico, e desta forma, não se faz necessário o uso da Carta de Controle das médias (Xbarra).

O limite superior de especificação definido pela empresa para os defeitos neste processo é de 3%, com relação ao total fabricado. Desta forma, o Cp é calculado da seguinte forma:

$$Cp = \frac{LSE - LSI}{LSC - LIC} = \frac{3 - 0}{2{,}49 - 0} = 1{,}20$$

Segundo Gonçalez e Werner (2009) o índice Cp subdivide-se em: Cp < 1, considerado processo incapaz; 1 < Cp < 1,33, processo aceitável ou relativamente capaz; e por fim, Cp > 1,33, processo potencialmente capaz.

Portanto, o valor 1,20 é considerado aceitável, mostrando assim que o processo é relativamente capaz de atender as especificações estatísticas, que não foram atendidas com atuais dados coletados. Desta forma, mesmo sendo aceitável, deve-se encontrar as possíveis causas de variabilidade deste processo, para assim corrigi-las.

Para encontrar as fontes das variações do processo (Xs Vitais), foi utilizada a metodologia do Diagrama de Ishikawa, mostrado nas Figuras 1 e 2.

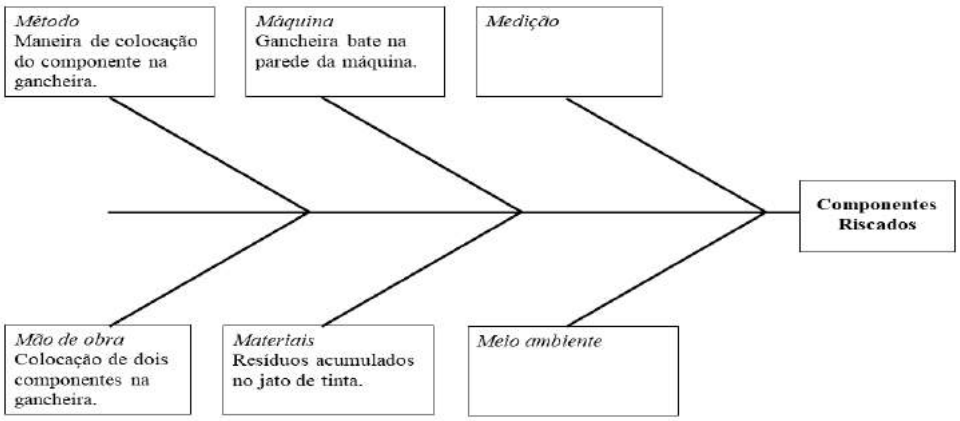



Figura 1. Diagrama de Ishikawa relacionado aos componentes riscados.

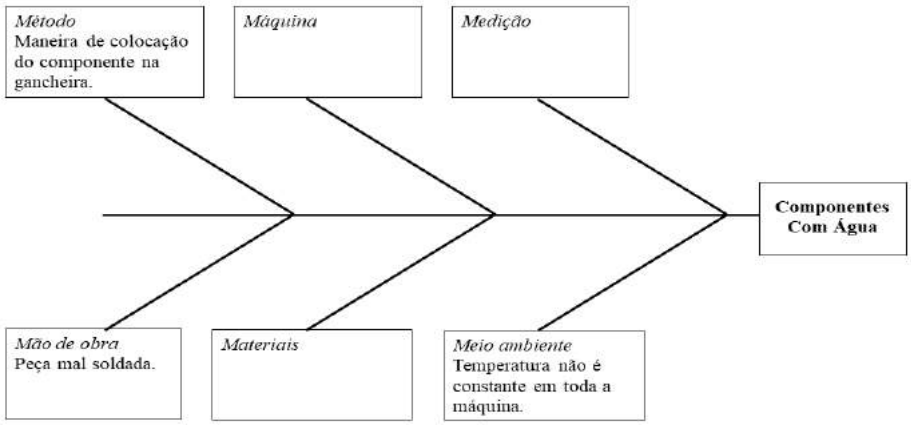



Figura 2. Diagrama de Ishikawa relacionado aos componentes com água

Ainda na fase de Análise, para encontrar a causa raiz das fontes das variações, foi utilizada a ferramenta 5 Porquês, conforme apresentado na Figura 3.

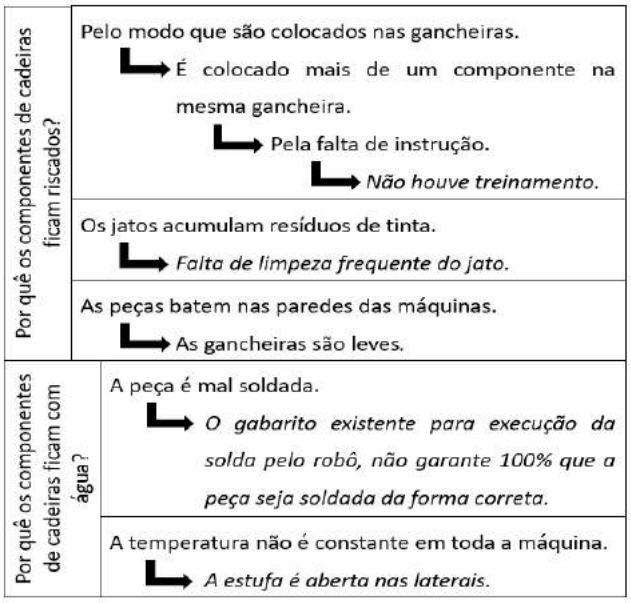



Figura 3. Ferramenta 5 Porquês

### 4.4 Melhorar

Nesta etapa foram definidas as ações a serem executadas, através da metodologia 5W2H que compreende em determinar o porquê realizar a ação, o que deve ser realizado, como deve ser realizado, em qual local, por quem, estabelecendo prazos e custos dessas ações. O resultado é apresentado na Tabela 3

Tabela 3. Planos de ações, Metodologia 5W2H

| Why | What | How | Where | Who | How Much | When |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Por quê** | **O quê** | **Como** | **Onde** | **Quem** | **Quanto** | **Quando** |
| Falta de limpeza do jato de tinta. | Montar cronograma de limpeza. | Tabela. | No excel, será fixada no mural do setor. | Pedro (Manutenção) | R$ 17,00 (correspondentes a 1 hora de trabalho) | 16/07/2018 |
| Não houve treinamento. | Elaboração de um treinamento para os funcionários do setor de pintura. | Através de uma breve explicação do processo e sua importância. Após, ensina-se o método de colocação, e por fim, realiza-se uma simulação com cada operador. | Na empresa. | Everton (Supervisor do setor de pintura) | R$ 45,00 (correspondentes a 2 horas de trabalho). | 17/07/2018 |
| Gabarito de solda mal confeccionado. | Revisar projeto dos gabaritos, para que não causem ambiguidade na utilização. | Analisando projetos do produtos e do gabarito, e fazer a modificações necessárias. | No setor de engenharia. | João (Engenharia) | R$ 1250,00 (referentes a uma semana de trabalho do responsável). | 20/08/2018 |
| Gancheiras leves. | Aumentar o peso das gancheiras. | Fazendo projeto, e especificando o material necessário para o aumento do peso. | No setor de engenharia. | João (Engenharia) | R$ 2000,00 (horas de trabalho engenharia) | 10/09/2018 |
| Estufa aberta nas laterais. | Implantação de cortinas de PVC ultravioleta antes e depois da estufa. | Colocando as cortinas na entrada e saída da estufa de secagem. | No setor de pintura. | Pedro (Manutenção) | R$475,00 | 17/09/2018 |

### 4.5 Controlar

Para finalizar a metodologia DMAIC, foi necessário estabelecer um plano de controle para que as ações desenvolvidas anteriormente continuem surtindo o resultado esperado. Para isso foi utilizada a ferramenta do Plano de Controle, na qual avalia-se como controlar as causas raiz (X-vitais) encontradas anteriormente pelo Diagrama de Ishikawa.

Tabela 4. Plano de controle das ações propostas.

| X Vital | Controle | Meio utilizado | Frequência | Local de registro | Responsável | Plano de Reação |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Falta de limpeza do jato. | Verificação do andamento do cronograma. | Através da assinatura do responsável pela limpeza, no próprio cronograma. | Verificar cronograma / 1 vez por semana. | Manutenção . | Pedro. | Realizar treinamento com os funcionários. O mesmo será aplicado pelos fornecedores da máquina. |
| Falta de treinamento | Conferir Planilha de Retrabalhos | Planilha de Retrabalhos | Verificar quantidades de peças riscadas mensalmente . | No servidor, do setor de pintura. | Everton (Supervisor) | Caso volte a crescer o número de peças riscadas, deve-se aplicar novos treinamentos, com metodologia diferente. |
| Gabarito de solda mal confeccionado. | Analisar índice de retrabalho pela falha na solda. | Planilha de controle de itens retrabalhados. | Verificar planilha mensalmente. | No servidor do setor de solda. | Leonardo. | Confeccionar outro gabarito. |
| Gancheiras leves. | Verificando se todas as gancheiras estão com o peso adequado. | Balança de pesagem. | 10 gancheiras de cada componente/ anualmente. | No setor de pintura. | Joana. | Pesquisar novos modelos de gancheiras, que não se movam facilmente. |
| Estufa aberta nas laterais. | Verificar se as cortinas estão danificadas (com rasgos, por exemplo). | Através de triagem visual. | Cortinas da estufa / mensalmente. | No setor de pintura. | Pedro. | Substituição das cortinas danificadas por novas. |

## 5. CONCLUSÃO

Ao finalizar o estudo de caso, foi possível concluir que para garantir um produto de qualidade ao cliente o processo deve ser capaz de estar sob controle estatístico e, para isso, podemos utilizar as ferramentas do CEP. A aplicação destes conceitos na prática, proporciona uma melhor visão sobre os processos indústrias, para desta forma buscar soluções para melhoria do mesmo. A metodologia DMAIC foi essencial no desenvolver desse artigo, pois assim foi possível analisar de forma plena, todo o processo, definindo as principais causas dos problemas e encontrando soluções para elimina-las.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J. M.; Miguel, P. A. C; 2002. *A Importância do Método Seis Sigma na Gestão da Qualidade Analisada sob uma Abordagem Teórica.* Revista de Ciência e Tecnologia, v. 11, n. 20, p. 91-98.
CARPINETTI, L. C. R.; 2016. *Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas*. 3.ed. São Paulo, Brasil.
CLETO, M. G.; Quinteiro, Leandro; 2011. *Gestão de projetos através do DMAIC: Um estudo de caso na indústria automotiva*. Revista Produção Online, v. 11, n. 1.
GONÇALEZ, P. U.; Werner, Liane; 2009. *Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais.* Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 1, p. 121-132.
RAMOS, E. M. L. S.; Almeida, S. D. S. ; Araújo, A. D. R.; 2013. *Controle Estatístico da Qualidade*. Porto Alegre, Brasil.
TOLEDO, J. C. et al; 2017. *Qualidade: Gestão e Métodos*. Rio de Janeiro, Brasil.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA PREVISÃO DE CONSUMO DE RODÍZIOS D50/D38 ATRAVÉS DA MÉDIA MÓVEL EM UMA EMPRESA DE CADEIRAS CORPORATIVAS

**Marihá Valéria Demoliner**
**Rafaela Mocfa Spica**
**Cleber Serafim Lopes**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim
mariha.demoliner@hotmail.com, rafaelaspica@hotmail.com, cleberlopes@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Ainda na segunda década do século XXI, algumas empresas precisam manter estoques a fim de suprir as necessidades de seus clientes de uma forma mais rápida e objetiva, tendo assim melhores índices nos seus níveis de serviço, tornando-as mais competitivas no mercado tendo sempre seus produtos a pronta entrega. Contudo, manter estes grandes estoques pode representar riscos, pois tornam-se gastos desnecessários para a empresa, gerando ainda problemas com layout e espaços fabris. Um estudo sobre a previsão de demanda, trará uma maior precisão na administração dos estoques e consequentemente, benefícios às organizações. Este artigo apresenta um estudo de caso, no qual foi aplicada a técnica de previsão de demanda, utilizando o método da Média Móvel Simples, para o consumo do Rodízio D50/d38 preto/cinza, importado da República Tcheca, em uma Empresa de Cadeiras Corporativas do norte do Rio Grande do Sul.*

***Palavras-Chave:*** *Planejamento, PCP, Previsão de demanda, Consumo, Média Móvel.*

## 1. INTRODUÇÃO

As decisões no mundo dos negócios, na maioria das vezes, são tomadas de maneira em que as empresas não consideram as mudanças que ocorrem constantemente num mundo cada vez mais globalizado, gerando assim riscos e incertezas. Conforme apresentado por Consul, *et al.* (2010), a competitividade vem se tornando cada vez mais acirrada nas últimas décadas, sendo de fundamental importância o planejamento eficientemente da produção e o desenvolvimento de tomadas de decisões rápidas e precisas.

As empresas, de uma maneira ou de outra, direcionam suas atividades para o rumo em que elas julgam que o seu negócio andará. O rumo é normalmente traçado tendo por base previsões de demanda. (TUBINO, 2009). A previsão da demanda, também conhecida como previsão de vendas, abrange tudo que o departamento comercial projetou vender ou já vendeu por um horizonte de alguns meses, seja em curto ou médio prazo. (LOBO, *et al.* 2014).

Dentro desse contexto, este trabalho analisa o quão importante é o papel do PCP (Planejamento e Controle da Produção), dentro das organizações e como o uso previsão de demanda influencia no planejamento dos materiais e recursos, permitindo assim, um melhor gerenciamento da cadeia de suprimentos, seja ela para estratégia competitiva quanto para alcançar um planejamento eficiente dentro da organização.

O presente artigo busca, apontar e analisar uma previsão de demanda utilizando um dos o métodos de previsão demanda denominado Previsão por Média Móvel, e desta forma, fazer a previsão para o consumo do produto Rodízio D50/d38 preto/cinza em uma Empresa de Cadeiras Corporativas. Especificamente, tem como propósito definir a previsão de consumo do item para os meses de julho, agosto e setembro de 2018, levando em consideração aspectos importantes como a identificação de níveis de sazonalidades dos produtos e, caso o mercado apresente, as novas tendências de venda.

Desse modo, o objetivo geral deste trabalho é utilizar o método da Média Móvel de previsão de demanda para prever o consumo do rodízio na empresa para que assim, a previsão seja a mais assertiva possível.

Para que o objetivo geral seja cumprido, será necessário findar os objetivos específicos, sendo eles:

- Levantamento de dados com o intuito de identificar o comportamento da demanda;
- Aplicação do modelo de previsão;
- Observar o comportamento do método da Média Móvel;
- Monitoração do modelo para verificar se os erros históricos são adequados.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Planejamento

Planejar é entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão de futuro influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos no futuro. É projetar um futuro que é diferente do passado, por causas sobre as quais se tem controle. (CORRÊA, *et al.* 2013)

Conforme comtemplando no estudo realizado por Corrêa, *et al.* (2013) um bom processo de planejamento depende de uma visão adequada do futuro. Essa visão do futuro pode depender de sistemas de previsão, que, portanto, deverão ser eficazes; em segundo, que é necessário o conhecimento fiel sobre a situação presente; em terceiro, que um bom modelo lógico, que "traduza" a situação presente e a visão do futuro em boas decisões no presente, também necessita estar disponível para que um bom processo de planejamento esteja em funcionamento.

Para Chiavenato (2008), o planejamento é a função administrativa que determina antecipadamente quais os objetivos a serem atingidos e o que deve ser feito para tingi-los da melhor maneira possível. O planejamento está voltado para a continuidade da empresa e focaliza o futuro. A sua importância reside nisto: sem o planejamento a empresa fica perdida no caos. Assim, partindo da fixação dos objetivos a serem alcançados, o planejamento determina a priori o que se deve fazer, quando fazer, quem deve fazê-lo e de que maneira. E ele é feito na base de um conjunto de planos.

### 2.2 Previsão de Demanda

A previsão da demanda é base para o planejamento estratégico da produção, vendas e finanças de qualquer empresa sendo o ponto de partida de todo planejamento empresarial. (RODRIGUES, *et al.* 2008). Determina Tubino (2009), que as empresas de uma ou de outra maneira, direcionam suas atividades para o rumo em que elas acham que o seu negócio andará. O rumo é normalmente traçado em cima de previsões, sendo a previsão da demanda a principal delas.

Ainda afirmado por Tubino (2009), a previsão da demanda é a principal informação empregada pelo PCP na elaboração de suas atividades afetando diretamente o desempenho esperado de suas funções de planejamento e controle do sistema produtivo. Portanto, é essencial o entendimento de como estes dados foram obtidos, em que bases as técnicas de previsões empregadas estão as- sentadas, e quais suas limitações, de forma a facilitar as comunicações entre PCP e Marketing.

A previsão de vendas representa a quantidade de produtos/serviços que a empresa pretende ou espera vender e colocar no mercado durante um determinado período de tempo, esta previsão deve especificar cada produto/serviço da empresa e as vendas previstas para cada mês (CHIAVENATO, 2008).

Porém, para Slack, *et al.* (2007), previsão de vendas, muitas vezes, apresenta dificuldades em ser obtida, mesmo a curto prazo, pois mesmo que por vezes seja possível identificar um padrão nas vendas, eventos inesperados podem alterar a demanda repentinamente devendo estas incertezas, serem consideradas pelas organizações ao realizar as previsões de demanda.

De acordo com Tubino (2009), um modelo de previsão da demanda pode ser dividido em cinco etapas básicas, conforme observadas na Figura 1.

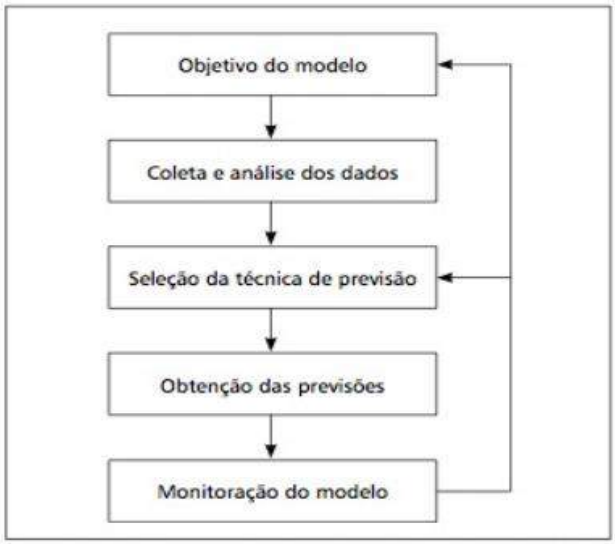



Figura 1. Etapas do modelo de previsão de demanda

### 2.3 Técnicas de Previsão

Diferentes métodos de previsão estão disponíveis para que as organizações identifiquem o modelo mais viável para cada situação (MAKRIDAKIS, *et al.* 1998). Reinaldo *et al. (*2007), apresenta quatro grandes grupos principais de modelos:

- Modelos qualitativos;
- Modelos de decomposição de séries temporais;
- Modelos de previsão causais;
- Modelos de simulação de demanda.

Neste estudo aplicará-se-a o modelo de decomposição de series temporais pela técnica da Média Movel, que por sua vez avalia a influência dos valores passados de uma série para uma projeção futura. Consiste ainda, no cálculo da média dos valores mais recentes onde cada período, o valor mais antigo é substituído pelo mais recente, assim modificando a sua média (MORETTIN, *et al.* 2006).

Segundo Rodrigues, *et al.* (2008), quanto maior o número de períodos utilizados para calcular a média simples, menor a sensibilidade do modelo às variações recentes da demanda, ou seja, caso a demanda se eleve rapidamente o modelo não irá refletir este comportamento e tenderá levar os gestores a subestimarem os valores a serem produzidos. Por outro lado, se houver uma queda acentuada da demanda no curto prazo, os gestores demorarão em reduzir o ritmo de produção, gerando estoques além do necessário.

Essas previsões utilizam as séries temporais e partem do principio que a demanda futura é uma projeção de seus valores passados. Por este motivo para aplicar tais técnicas é necessário os dados de demandas passadas do produto que será feita a previsão. Para a escolha do modelo é necessário plotar o gráfico das demanda passadas, com o objetivo de identificar os fatores que interferem na característica da curva obtida (TUBINO, 2009).

Stock e Watson (2004) definem uma série temporal como estacionária quando esta se desenvolve aleatoriamente, no tempo, em torno de uma média constante, refletindo alguma forma de equilíbrio estatístico estável. A mesma é caracterizada como não-estacionária quando este equilíbrio estatístico não é observado.

Para Bonotto, *et al.* (2015), os modelos causais fazem a previsão estabelecendo uma relação de causa e efeito entre a variável de demanda e cofatores que possam afetá-la. Esses métodos têm como característica aumentar o erro de predição por demandar previsões das variáveis independentes em tempos futuros, assumindo que as relações causais históricas se manterão no future.

Para Moreira, (2010) a simulação é baseada na construção de um modelo que se aproxima da realidade, sendo este operado diversas vezes, efetuando análise dos resultados para uma melhor percepção, manipulação e controle. Para essa experimentação na pratica é utilizado computadores, para uma maior precisão dos resultados é necessário a realização de inúmeras simulações sobre o sistema em pauta.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Cenário Estudado

Foi escolhido, para o desenvolvimento deste estudo de caso, uma empresa de cadeiras corporativas, onde possibilitou-se coletar dados sobre o consumo mensal de rodízios utilizados na montagem das cadeiras. O modelo escolhido são os Rodízios D50/d38, que por serem um produto importado e com a maior demanda, têm maior relevância financeira para a empresa e requer atenção na análise de consumo.

O item em estudo é utilizado nas bases que sustentam as cadeiras giratórias. Atualmente este rodízio é empregado em três linhas de cadeiras sendo que cada base necessita de 5 unidades dos rodízios, estes que por sua vez, são embalados em caixas de cinco unidades pelo fornecedor, para facilitar a montagem das bases.

### 3.2 Coleta de Dados

Para a escolha do método de Previsão de Demanda foram coletados os dados de consumo de 18 meses, de janeiro de 2017 até junho de 2018. Os dados da quantidade de consumo em cada mês estão dispostos na Tabela 1, fornecidos pela empresa através de um relatório de resumo de operações, na qual foi considerado os dados de consumo da produção, obtido por meio do sistema de ERP (*Enterprise Resource Planning*).

Tabela 1. Consumo do Rodízio D50/D38 ano de 2017/2018

| Meses | Consumo |
|---|---|
| Janeiro (2017) | 19.375 |
| Fevereiro | 12.495 |
| Março | 17.875 |
| Abril | 12.425 |
| Maio | 18.825 |
| Junho | 13.795 |
| Julho | 25.325 |
| Agosto | 29.755 |
| Setembro | 25.580 |
| Outubro | 12.565 |
| Novembro | 21.135 |
| Dezembro | 14.980 |
| Janeiro (2018) | 21.870 |
| Fevereiro | 18.420 |
| Março | 19.280 |
| Abril | 27.365 |
| Maio | 26.900 |
| Junho | 23.830 |
| Total | 361.795 |

Para análise do comportamento da demanda, posteriormente à coleta dos dados, foi gerado um gráfico do consumo de rodízios determinado pela Figura 2.

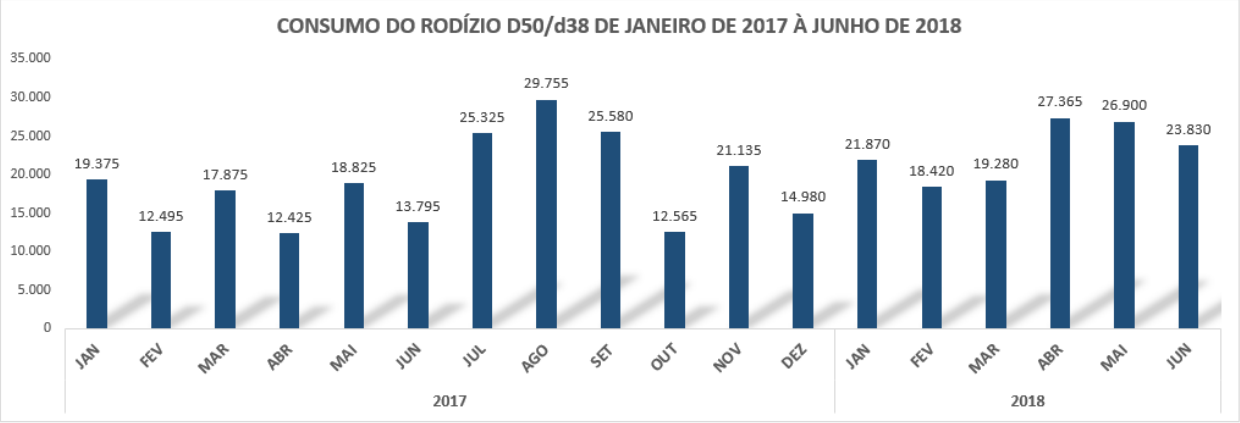



Figura 2. Gráfico de Consumo do Rodízio D50/D38

### 3.2 Resultados e Discussões

Por meio dos valores e análise do gráfico, justificou-se a utilização do modelo de média móvel para a previsão de demanda, pois os valores demandados ao decorrer dos meses não sofrem significativas variações, não apresentando desta forma o comportamento sazonal ou de tendência. Tornou-se possível então, definir que o comportamento dos dados seguem o modelo de média móvel simples.

Após as análises apresentadas nos gráficos anteriores, foram calculadas as previsões com períodos entre 3 meses (MAF 3) e 17 meses (MAF 17), bem como seus respectivos erros de previsão que correspondem às diferneças entre a demanda real observada no e a previsão pelo método da media móvel do período equivalente. Os mesmos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Média Móvel – Previsão de Demanda

| PERIODO | | DEMANDA | MAF 3 | ERRO MAF 3 | MAF 4 | ERRO MAF 4 | MAF 5 | ERRO MAF 5 | MAF 6 | ERRO MAF 6 | MAF 7 | ERRO MAF 7 | MAF 8 | ERRO MAF 8 | MAF 9 | ERRO MAF 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | JAN | 19.375 | | | | | | | | | | | | | | |
| | FEV | 12.495 | | | | | | | | | | | | | | |
| | MAR | 17.875 | | | | | | | | | | | | | | |
| | ABR | 12.425 | 16.582 | 4.157 | | | | | | | | | | | | |
| | MAI | 18.825 | 14.265 | 4.560 | 15.543 | 3.283 | | | | | | | | | | |
| | JUN | 13.795 | 16.375 | 2.580 | 15.405 | 1.610 | 16.199 | 2.404 | | | | | | | | |
| | JUL | 25.325 | 15.015 | 10.310 | 15.730 | 9.595 | 15.083 | 10.242 | 15.798 | 9.527 | | | | | | |
| | AGO | 29.755 | 19.315 | 10.440 | 17.593 | 12.163 | 17.649 | 12.106 | 16.790 | 12.965 | 17.159 | 12.596 | | | | |
| | SET | 25.580 | 22.958 | 2.622 | 21.925 | 3.655 | 20.025 | 5.555 | 19.667 | 5.913 | 18.642 | 6.938 | 18.734 | 6.846 | | |
| | OUT | 12.565 | 26.887 | 14.322 | 23.614 | 11.049 | 22.656 | 10.091 | 20.951 | 8.386 | 20.511 | 7.946 | 19.509 | 6.944 | 19.494 | 6.929 |
| | NOV | 21.135 | 22.633 | 1.498 | 23.306 | 2.171 | 21.404 | 269 | 20.974 | 161 | 19.753 | 1.382 | 19.518 | 1.617 | 18.738 | 2.397 |
| | DEZ | 14.980 | 19.760 | 4.780 | 22.259 | 7.279 | 22.872 | 7.892 | 21.359 | 6.379 | 20.997 | 6.017 | 19.926 | 4.946 | 19.698 | 4.718 |
| 2018 | JAN | 21.870 | 16.227 | 5.643 | 18.565 | 3.305 | 20.803 | 1.067 | 21.557 | 313 | 20.448 | 1.422 | 20.245 | 1.625 | 19.376 | 2.494 |
| | FEV | 18.420 | 19.328 | 908 | 17.638 | 783 | 19.226 | 806 | 20.981 | 2.561 | 21.601 | 3.181 | 20.626 | 2.206 | 20.426 | 2.006 |
| | MAR | 19.280 | 18.423 | 857 | 19.101 | 179 | 17.794 | 1.486 | 19.092 | 188 | 20.615 | 1.335 | 21.204 | 1.924 | 20.381 | 1.101 |
| | ABR | 27.365 | 19.857 | 7.508 | 18.638 | 8.728 | 19.137 | 8.228 | 18.042 | 9.323 | 19.119 | 8.246 | 20.448 | 6.917 | 20.990 | 6.375 |
| | MAI | 26.900 | 21.688 | 5.212 | 21.734 | 5.166 | 20.383 | 6.517 | 20.508 | 6.392 | 19.374 | 7.526 | 20.149 | 6.751 | 21.217 | 5.683 |
| | JUN | 23.830 | 24.515 | 685 | 22.991 | 839 | 22.767 | 1.063 | 21.469 | 2.361 | 21.421 | 2.409 | 20.314 | 3.516 | 20.899 | 2.931 |
| | JUL | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AGO | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SET | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ERRO MÉDIO | | | 5.072 | | 4.986 | | 5.210 | | 5.372 | | 5.364 | | 4.329 | | 3.848 |

Tabela 2. Média Móvel – Previsão de Demanda (Continuação)

| MAF 10 | ERRO MAF 10 | MAF 11 | ERRO MAF 11 | MAF 12 | ERRO MAF 12 | MAF 13 | ERRO MAF 13 | MAF 14 | ERRO MAF 14 | MAF 15 | ERRO MAF 15 | MAF 16 | ERRO MAF 16 | MAF 17 | ERRO MAF 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | - | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18.802 | 2.334 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18.978 | 3.998 | 19.014 | 4.034 | | | | | | | | | | | | |
| 19.226 | 2.644 | 18.614 | 3.256 | 18.678 | 3.193 | | | | | | | | | | |
| 19.626 | 1.206 | 19.466 | 1.046 | 18.885 | 465 | 18.923 | 503 | | | | | | | | |
| 20.225 | 945 | 19.516 | 236 | 19.379 | 99 | 18.850 | 430 | 18.887 | 393 | | | | | | |
| 20.271 | 7.095 | 20.139 | 7.226 | 19.496 | 7.869 | 19.372 | 7.993 | 18.880 | 8.485 | 18.913 | 8.452 | | | | |
| 21.628 | 5.273 | 20.915 | 5.985 | 20.741 | 6.159 | 20.102 | 6.798 | 19.943 | 6.958 | 19.446 | 7.454 | 19.442 | 7.458 | | |
| 21.785 | 2.045 | 22.107 | 1.723 | 21.414 | 2.416 | 21.215 | 2.615 | 20.587 | 3.243 | 20.406 | 3.424 | 19.912 | 3.918 | 19.880 | 3.950 |
| **21.193** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **20.754** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **21.573** | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.192 | | 3.358 | | 3.367 | | 3.668 | | 4.769 | | 6.443 | | 5.688 | | 3.950 |

Observa-se que o período da média móvel dos últimos 10 meses (MAF 10), apresenta o menor erro médio de 3.192 unidades e na medida em que número de períodos aumentam, os seus respectivos erros médios também crescem até ultrapassar 4500 unidades de erro a partir do MAF 14, aumentando substancialmente para os períodos MAF 15 e MAF 16. Cabe ainda, observar que o MAF 17 apresenta um erro médio menor que os períodos entre MAF 14 e MAF16, o

que pode representar num horizonte mais estendido, como o período mais adequado para este comportamento de demanda.

A seguir, calculou-se a previsão de demanda para os meses de julho, agosto e setembro de 2018, obtendo os respectivos valores: 21.193, 20.754, 21.573, cumprindo assim, o objetivo geral do artigo.

A ferramenta computacional utilizada para o desenvolvimento dos cálculos e gráficos necessários para o desenvolvimento desse estudo foi o Microsoft Excel 2016, do pacote Office. A aplicação dos métodos usados foi fundamentada a partir de pesquisa bibliográfica.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de previsão de demanda são de grande importância para o planejamento e controle da produção. Além de auxiliar no equilíbrio dos níveis de estoque evitando excessos, aumenta o nível de confiabilidade e relações com seus clientes, pois tendo um planejamento assertivo impede-se a falta de produtos, entregando assim o produto sempre no prazo estabelecido em acordo.

Esse estudo teve como propósito principal a aplicação do método da média móvel afim de prever o planejamento de demanda para os meses de julho agosto e setembro de 2018. Desta forma, a partir das observações deste estudo de caso, podemos admitir que a demanda de julho, agosto e setembro, se aproxime da previsão realizada, por volta de 21.195, 20.755 e 21.575/mês, respectivamente, considerando que os Rodízios D50/d38 são utilizados para a montagem das bases de cinco em cinco unidades. Assim, conseguimos atingir o objetivo do artigo, demonstrando uma previsão de demanda mais assertiva, o que irá colaborar com o planejamento e controle da produção da empresa.

Para uma melhor eficiência, torna-se oportuno um novo estudo, acompanhando o consumo do rodízio, nos próximos meses, para verificar se, de fato, o método de previsão foi o mais assertivo possível quanto a demanda real, a fim de evitar altos índices de estoques do item em questão, estes que por sua vez tornam-se custos para a organização, ou que contrariamente, o estoque não atenda a demanda real, tendo em consideração que o *lead time* do fornecedor é de aproximandamente 60 dias, desde o pedido de compra até o recebimento. Por tratar-se de um item importado, deve-se ter um cuidado maior, e quanto mais assertivo for o método de previsão, menores serão os riscos de falta de produto ou estoque excessivo.

Desta maneira, este estudo possibilita que a técnica seja utilizada pelo setor de PCP, para a programação dos demais itens e materiais, tanto produzidos como comprados, evitando falsas previsões baseadas apenas no conhecimento e experiência das pessoas sem nenhuma base científica, o que compromete profundamente a realização do planejamento e controle da produção.

## 5. REFERÊNCIAS

BONOTTO, G.; FOGLIATTO, F. S.; 2015. *Previsão de demanda a partir de métodos quantitativos aplicada ao setor varejista.* Porto Alegre. Brasil.

CHIAVENATO, I., 2008. *Planejamento e Controle da Produção*. Barueri, Brasil.

CONSUL, F. B.; e WERNER, L.; 2010. *Avaliação de técnicas de previsão de demanda utilizadas por um software de gerenciamento de estoques no setor farmacêutico.* XXX Encontro Nacional De Engenharia de Produção (ENEGEP). São Paulo, Brasil.

CORRÊA, H. L.; NOGUEIRA, I. G.; CAON, G. M., 2013. *Planejamento, Programação e Controle da Produção.* São Paulo, Brasil.

LOBO, R. N; SILVA, D. L., 2014. *Planejamento e Controle da Produção.* São Paulo, Brasil.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C; HYNDMAN, R. J. 1998. *Forecasting Methods and Applications*. Nova Iorque. Estados Unidos.

MOREIRA, D. 2009. *Administração da Produção e Operações.* São Paulo. Brasil.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M de C. 2006. *Previsão de séries temporais*. São Paulo, Brasil.

REINALDO, J.; GRAEML, A. R., 2007. *Administração da Produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba, Brasil.

RODRIGUES, J. de S.; ARGENTON, M. A.; PRUDENCIATO, W.; 2008. *Desenvolvimento de um modelo de previsão da demanda em uma empresa moveleira de pequeno porte.* XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. (ENEGEP). Rio de Janeiro, Brasil.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; HARLAND, C. HARRISON, A.; JOHNSTON, R.; 2007. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. 2004 *Econometria.* São Paulo, Brasil.

TUBINO, D. F., 2009. *Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática.* São Paulo, Brasil.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia de Produção: Modelagem e Simulação

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# OTIMIZAÇÃO DIMENSIONAL DE PILARES DE CONCRETO ARMADO COM O AUXÍLIO DA FERRAMENTA SOLVER

**Aline Valerius**
**Daiane De Sena Brisotto**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
*alinevalerius@outlook.com / daiabrisotto@uricer.edu.br*

***Resumo:*** *Os projetos estruturais têm como padrão um processo de tentativa e erro para a determinação das dimensões dos elementos estruturais, seguido das verificações impostas pelas normas correspondentes. A otimização estrutural vem como uma ferramenta para que o engenheiro consiga dimensionar as estruturas, satisfazendo os esforços solicitantes e as normativas, porém buscando a solução ótima. Este trabalho objetiva o desenvolvimento de uma metodologia de otimização dos custos de execução de pilares de concreto armado, através do emprego da ferramenta Solver e de planilhas do Excel, com a implementação das equações matemáticas de dimensionamento estrutural, função objetivo e restrições do problema. Para tal, é apresentada uma revisão bibliográfica acerca do tema e analisada uma estrutura simples e simétrica, projeto que obteve uma redução do custo final de 29,94%.*

***Palavras chave:*** *Otimização. Pilares. Concreto Armado. Solver.*

## 1. INTRODUÇÃO

Sias (2014) explica que na otimização utiliza-se uma determinada função objetivo, onde busca-se minimizar ou maximizar o seu valor (como por exemplo o custo, o peso, a área da seção transversal, entre outros), sempre obedecendo os limites impostos pelos critérios de projeto. O autor ainda ressalta que é partindo de algoritmos determinísticos ou probabilísticos que se encontra o ponto ótimo da função, buscando os valores máximos e mínimos do objetivo que foi definido.

Entre os trabalhos já realizados na área de otimização estrutural pode-se citar Alves (2013), Argenta (2016) e Reck (2017). Alves (2013) comparou métodos de otimização em pilares de concreto armado submetidos à flexo-compressão normal. Utilizando Programação Matemática, este conseguiu até 25,1% de redução nos custos e, utilizando Algoritmos Genéricos, a redução foi de até 23,8%. O referido autor percebeu que ao usar os mesmos parâmetros, como dimensões, excentricidades, áreas de aço, momentos e esforços solicitantes, os métodos geram resultados bem aproximados.

Argenta (2016) estudou a variação da seção transversal de viga de concreto armado de uma edificação, através da otimização dimensional destes elementos. A variável de projeto foi a área de seção transversal das vigas, de forma a minimizá-la, em busca da redução do custo final de execução destes elementos estruturais. O autor conclui que a minimização do custo de execução de vigas não significa, necessariamente, a minimização da altura da seção, mas o equilíbrio entre a redução dos custos de concreto e fôrmas e o aumento nos custos da armadura, pela adoção de uma altura ótima para a viga.

Reck (2017) apresentou uma metodologia para o problema de otimização dimensional e de forma de treliças metálicas, de maneira a minimizar o volume de aço, obtendo uma redução de 54,56% no volume de material após a otimização.

Este presente trabalho busca a otimização de pilares de concreto armado, a fim de minimizar os custos totais, garantindo que a estrutura irá suportar suas cargas solicitantes, obedecendo às normas impostas e garantindo um projeto racionalizado. Para a realização dessa otimização será utilizada a ferramenta Solver e planilhas do programa Excel da Microsoft, onde serão lançadas as equações matemáticas para o dimensionamento dos pilares. O estudo abrangerá os diferentes tipos de pilares, levando em conta não só a força de compressão que é exercida sobre eles, como também os momentos atuantes.

## 2. OTIMIZAÇÃO DO PROBLEMA

Para a análise de um problema de otimização dimensional de pilares é necessário ser definida a função objetivo, as variáveis de projeto e as restrições impostas ao problema, sendo estas apresentadas a seguir:

## 2.1 Função Objetivo

A função objetivo adotada será a minimização dos custos de execução dos pilares, considerando os valores gastos com concreto, aço e formas, sendo representada pela seguinte equação:

$$C_t = C_c + C_{As1} + C_{As2} + C_F \quad (1)$$

onde:
$C_t$ = custo total (R$);
$C_c$ = custo do concreto (R$);
$C_{As1}$ = custo das armaduras longitudinais (R$);
$C_{As2}$ = custo das armaduras transversais (R$);
$C_F$ = custo das formas (R$).

a) custo do concreto

O custo de concreto é determinado em função do volume de concreto necessário e seu custo por unidade de volume, conforme a seguinte expressão:

$$C_c = b_w.h.L.\$c \quad (2)$$

onde:
$b_w$ = base da seção transversal do pilar (m);
h = altura da seção transversal do pilar (m);
L = comprimento longitudinal do pilar (m);
$c = custo por unidade volumétrica de concreto (R$/m³).

b) custo das armaduras

Para estimativa do custo das armaduras deve-se considerar o peso do aço necessário e o seu valor por quilo, considerando o corte, a dobra e a montagem. Os custos da armadura longitudinal e transversal são representados, respectivamente, pelas seguintes equações:

$$C_{As1} = A_{s1}.\rho.L.\$_A \quad (3)$$
$$C_{As2} = A_{s2}.\rho.L.\$_A \quad (4)$$

onde:
$A_{s1}$ = área da armadura longitudinal (m²);
$A_{s2}$ = área da armadura transversal (m²);
$\rho$ = massa específica do aço (7.850 kg/m³);
$\$_A$ = custo do aço, considerando corte, dobra e montagem (R$/kg).

c) custo das fôrmas

Para o cálculo do custo de fôrmas deve-se levar em conta as dimensões da seção transversal e comprimento dos pilares, bem como o custo de formas de madeira por m², ou seja:

$$C_F = (b_w + h).2.L.\$_F \quad (5)$$

onde:
$\$_F$ = custo de formas de madeira por m² (R$/m²).

## 2.2 Variáveis de projeto

As variáveis de projeto adotadas são as dimensões da seção transversal dos pilares, ou seja, $b_w$ e $h$, como ilustra a Figura 1.

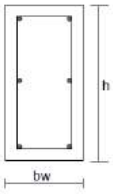



Figura 1 - Variáveis a serem otimizadas

### 2.3 Restrições de projeto

As restrições impostas ao problema referem-se aos requisitos máximos e mínimos previstos pela norma de desempenho vigente, bem como a restrições construtivas adotadas. Tais restrições são apresentadas a seguir:

a) quanto à área de aço e concreto

A NBR 6118 (ABNT, 2014) estipula valores máximos e mínimos para a área de aço, bem como um valor mínimo para a área de concreto:

$$A_S \leq 0{,}08 A_C \quad (6)$$

$$A_S \geq 0{,}004 A_C \quad (7)$$

$$A_S \geq A_{s\min} = 0{,}15.\left(\frac{N_d}{f_{yd}}\right) \quad (8)$$

$$A_C \geq 360 cm^2 \quad (9)$$

onde:
$A_s$ = área da armadura do pilar (cm²);
$A_c$ = área de concreto (cm²);
$A_{s,min}$ = área de aço mínima (cm²);
$N_d$ = esforço normal solicitante (kN);
$f_{yd}$ = resistência de cálculo do escoamento do aço (kN/cm²).

b) quanto às dimensões

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define o comportamento de pilar parede quando a dimensão h é superior a 5 vezes a dimensão b. Neste trabalho não iremos adotar este tipo de pilar, ou seja:

$$h \leq 5 b_w \quad (10)$$

$$h > b_w \quad (11)$$

c) quanto aos esforços

Para garantir a segurança da estrutura, todos os esforços e momentos de solicitação devem ser inferiores aos esforços e momentos de resistência, ou seja:

$$M_{sd} \leq M_u \quad (12)$$

$$N_{sd} \leq N_u \quad (13)$$

onde:
$M_{sd}$ = momento fletor solicitante (kN.cm);
$M_u$ = momento fletor resistente (kN.cm);
$N_{sd}$ = força normal solicitante (kN);
$N_u$ = força normal resistente (kN).

d) quanto à taxa de armadura.

Durante o dimensionamento da armadura dos pilares são utilizados ábacos para determinar a taxa de armadura que deve ser aplicada. Entretanto, neste trabalho, serão utilizadas as tabelas apresentadas por Ribeiro (2011), onde o referido autor comparou o método tradicional por ábacos com tabelas e gráficos produzidos pelo mesmo. Como a diferença

encontrada entre os métodos foi desprezível, tais tabelas foram implementadas na rotina de cálculo do Excel para o processo dimensionamento. Porém, devido à dificuldade em transformar os ábacos em tabelas, os mesmos não contemplam todas as situações possíveis. Sendo assim, para o presente trabalho, serão considerados os seguintes limites:

$$\lambda < 90 \quad (14)$$

$$d'/h < 0{,}30 \quad (15)$$

onde:
*d'* = distância do centro de gravidade da armadura até a borda mais próxima da seção (cm).

e) quanto à base

Na otimização incluiu-se a restrição de que as medidas *b* e *h* dos pilares não poderão diminui no pavimento inferior. Isso garante uma melhor distribuição das cargas e evita excentricidades nas bases dos pilares.

## 3. PROJETO OTIMIZADO

O projeto em estudo compreende uma estrutura simples de concreto armado, composta por duas lajes apoiadas em vigas, sendo as vigas simplesmente apoiadas nos pilares (Figura 2), escolhida de modo a verificar aplicabilidade da ferramenta Solver na otimização dimensional de pilares de concreto armado. Os pilares estão dispostos de forma simétrica, a fim de simplificar a análise. Em função da simetria serão analisados apenas os pilares P1, P3 e P4, visto que as cargas atuantes nos demais pilares têm os mesmos valores. A Figura 3 apresenta o corte esquemático da estrutura.

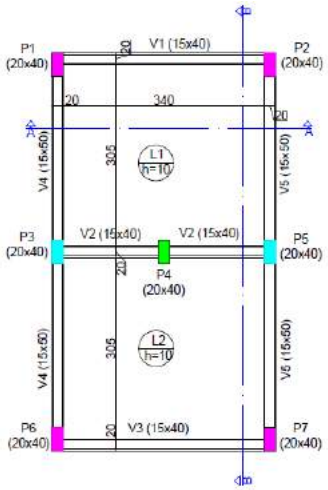



Figura 2 - Planta de fôrma

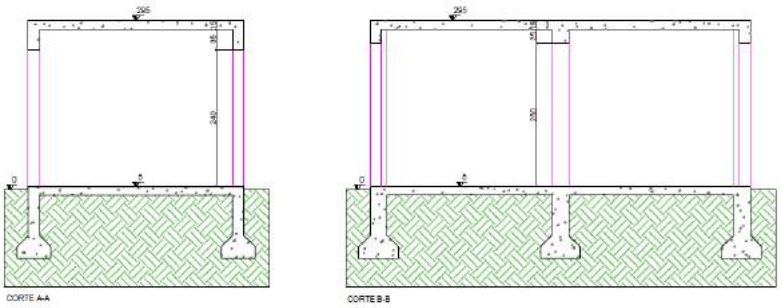


Figura 3 - Corte A e B, respectivamente

### 3.1 Carregamentos impostos

As forças que atuam nos pilares são provenientes de ações permanentes ($F_g$), como o peso próprio das lajes, vigas e paredes, bem como as ações variáveis ($F_q$) que consideram as sobrecargas de utilização, com valor estipulado de 5 kN/m², de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 1980). A ação do vento não foi considerada na análise e o peso próprio dos

pilares é considerado no momento da otimização. A Tabela 1 apresenta os valores de carga encontrados para cada pilar avaliado.

Tabela 1 - Carregamentos transmitidos aos pilares

| Carregamentos dos pilares | |
|---|---|
| **Pilar 1** | 25,68 kN |
| **Pilar 3** | 27,20 kN |
| **Pilar 4** | 16,90 kN |

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando os dados de entrada apresentados no item 2, função objetivo, restrições e variáveis de projeto implementadas na ferramenta Solver, foram obtidos os resultados da otimização dos pilares. Para facilitar a comparação, estão apresentadas (Tabela 2 e Figura 4) as dimensões e o custo total de cada pilar, pré e pós otimização, bem como a diferença em percentual de custos entre as duas situações.

Tabela 2 - Dimensões e custos, pré e pós otimização.

| | | Pré otimização | | | Pós otimização | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pilar | Tipo | $b_w$ (cm) | h (cm) | Custo (R$) | $b_w$ (cm) | h (cm) | Custo (R$) | Diferença de custo (%) |
| 1 | Canto | 20 | 40 | 1.157,62 | 30,87 | 30,87 | 865,01 | -25,28 |
| 3 | Extremidade | 20 | 40 | 882,99 | 26,84 | 26,84 | 562,48 | -36,30 |
| 4 | Intermediário | 20 | 40 | 694,48 | 23,67 | 23,67 | 488,69 | -29,63 |
| **Somatório:** | | | | **R$ 2.735,09** | | | **R$ 1.916,18** | **-29,94** |

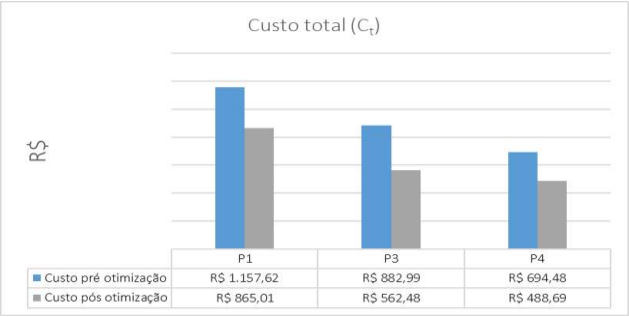



Figura 4 - Custo total dos pilares pré e pós otimização.

A Tabela 2 indica uma redução da dimensão *h* e aumento da dimensão *bw* para todos os pilares. No caso do pilar P1 a área da seção transversal aumentou 19,12%, enquanto que diminuiu para os pilares P3 e P4 em 9,95% e 30%, respectivamente. Entretanto, mesmo a seção transversal do pilar P1 tendo aumentado, o custo total de concreto diminuiu (6,95%) e, consequentemente, os gastos com fôrmas também diminuíram (9,58%). Já a redução no custo total da armadura deste pilar foi bastante superior aos demais (46,79%). Entre os pilares analisados, o pilar de extremidade foi o que apresentou maior redução de custo (36,3%), seguido do pilar intermediário (29,63%) e do pilar de canto (25,28%).

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi proposta uma metodologia de otimização dimensional de pilares de concreto armado, com objetivo de reduzir o custo final de execução destes elementos estruturais. Para a validação do modelo foram analisados os pilares de uma estrutura simples e simétrica, contendo pilares de canto, extremidade e intermediários. Para a otimização foram utilizadas planilhas do Microsoft Excel e a ferramenta Solver, empregando o Método do Gradiente Reduzido Generalizado, indicado para problemas simples não lineares.

Com os resultados alcançados pode-se afirmar que a otimização de pilares de concreto armado com planilhas do Microsoft Excel e a ferramenta Solver é válida. Todos os pilares da estrutura analisada, tanto os de canto, de extremidade ou intermediários, apresentaram reduções nos custos finais, atendendo as restrições impostas pela norma NBR 6118 (ABNT, 2014).

Na vida de um engenheiro civil, um sistema que o permita realizar a otimização estrutural computadorizada de estruturas pode ser um diferencial de negócio. Hoje em dia o que se busca é o novo, aliado a economia e segurança. Considerando a facilidade em alterações de restrições, funções objetivos e variáveis, os projetos podem ser modelados

com essa metodologia conforme a necessidade do cliente, permitindo que o programa seja aplicado de forma ainda mais objetiva.

## 6. REFERENCIAS

ARGENTA, L. A. **Otimização dimensional de vigas de concreto armado.** 2016. 88f. Projeto Final de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Carga para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ALVES, L. R. M. **Dimensionamento ótimo de pilares de concreto armado submetidos à flexo-compressão normal utilizado programação matemática e algoritmos genéticos.** 2013. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2013.

RECK, A. M. **Otimização estrutural de treliças metálicas através da ferramenta Solver.** 2017. 82f. Projeto Final de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2017.

RIBEIRO, K. **Diagramas para verificação de pilares retangulares em concreto armado submetidos à flexão composta normal.** 2011. 308f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SIAS, F. M. **Dimensionamento ótimo de pilares de concreto armado.** 2014. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM MAPLE DO ELEMENTO FINITO CST PARA ELASTICIDADE 2D NA PLATAFORMA MSBFEA

**César José Olsczewski**
**Tancredo Westphal Junior**
Universidade Regional Integrada - URI, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99714-899, Erechim, RS.
cesarolsczewski@bol.com.br, tancredo@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este trabalho descreve um estudo fundamentado e aplicado na teoria da elasticidade bidimensional (2D) para a análise de tensões e deformações em chapas, tendo a solução numérica dada pelo Método dos Elementos Finitos (MEF), com ênfase no elemento finito Constant Strain Triangle (CST). A formulação matemática das equações que modelam o elemento finito CST são deduzidas pelo Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV). Utilizando o programa Maple, o elemento CST é inserido na plataforma MSBFEA (Maple System Based Finite Element Analysis) que é uma plataforma destinada à simulação numérica pelo MEF em desenvolvimento no Departamento de Engenharia Mecânica da URI/Erechim, onde já estão programados outros tipos de elemento finito. A plataforma MSBFEA é desenvolvida em quatro módulos, onde estão contidas as etapas de pré-processamento, processamento do MEF, pós processamento e emissão de um relatório técnico. Para o pré-processamento foi elaborado um algoritmo de geração automática de malha para estruturas retangulares. Os dados para simulações são adquiridos por Maplets e são armazenados em arquivos em formato texto para serem lidos pelos módulos subsequentes. São analisados problemas de chapa sob tração, chapa que corresponde a viga e chapa sob compressão. Os resultados obtidos são comparados com soluções de elementos finitos e analíticas disponíveis na literatura, sendo obtida plena concordância entre eles, validando assim o código correspondente implementado.*

***Palavras Chave:*** *Teoria da Elasticidade Bidimensional, Método dos Elementos Finitos, Constant Strain Triangle, Maple, MSBFEA*

## 1. INTRODUÇÃO

O Método dos Elementos Finitos (MEF) foi desenvolvido para simplificar de maneira geral problemas muito grandes, difíceis ou até impossíveis de serem resolvidos de forma analítica. O desenvolvimento moderno do MEF começou na década de 1940 no campo da engenharia estrutural, com os artigos de Hrennikoff (1941) e McHenry (1943), que utilizaram uma malha de elementos unidimensionais (barras e vigas) para o cálculo de tensões em sólidos contínuos. Em um artigo publicado em 1943, mas não amplamente reconhecido durante muitos anos, Courant (1943) propôs a formulação da solução de tensões em uma forma variacional. Courant introduziu funções de interpolação sobre sub-regiões triangulares. Levy (1947) desenvolveu o método da flexibilidade ou da força, e em 1953 seu trabalho sugeriu que outro método (o método de rigidez ou deslocamento) poderia ser uma alternativa promissora para analisar estruturas de aeronaves. No entanto, suas equações eram trabalhosas para resolver à mão, e assim o método tornou-se popular apenas com o advento do computador digital de alta velocidade (LOGAN, 2012).

O elemento finito CST (*Constant Strain Triangle* – Triângulo de Deformação Constante) para a elasticidade 2D foi o primeiro elemento finito com interpolação aproximada do campo de deslocamentos a ser formulado e programado em computador. Conhecido como elemento triangular com distribuição de deformações constantes, é o mais simples elemento finito bidimensional, caracterizado por três nós e dois graus de liberdade por nó, Fig. 1.

Mediante o Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV) e partindo de uma interpolação aproximada linear do campo de deslocamentos, é obtido neste trabalho o sistema de equações de elementos finitos para a teoria da elasticidade 2D. O elemento finito CST foi incorporado na plataforma MSBFEA (*Maple System Based Finite Element Analysis*). Neste trabalho é usada a notação indicial com a convenção de soma de Einstein.

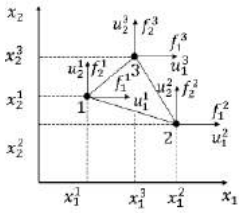


Figura 1. Elemento finito CST de espessura h e propriedades materiais E e ν

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sistema de equações para o elemento finito CST para elasticidade 2D é obtido com aplicação do PTV. A bibliografia utilizada consiste na apostila de simulação numérica de Westphal Jr (2015) e tem como resultado

$$Ku = f \ . \tag{1}$$

A aplicação do PTV é formada por quatro etapas:

I. Aproximação do campo de deslocamentos, obtidos através de interpolação linear dos deslocamentos e resultando na matriz de funções de interpolação $N$

$$d = \begin{pmatrix} u_1(x) \\ u_2(x) \end{pmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_1 & x_2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{pmatrix}, \qquad d(x) = N\,u\,. \tag{2}$$

Os vetores de deslocamentos nodais $u$ e seus duais, as forças nodais $f$,são definidos por

$$u^T := (u_1^1 \quad u_2^1 \quad u_1^2 \quad u_2^2 \quad u_1^3 \quad u_2^3)\ , \qquad f^T := [f_1^1 \quad f_2^1 \quad f_1^2 \quad f_2^2 \quad f_1^3 \quad f_2^3]\ , \tag{3}$$

$$N^T = \frac{1}{2A_\triangle} \begin{bmatrix} x_1^2x_2^3 - x_1^3x_2^2 + (x_2^2 - x_2^3)x_1 + (x_1^3 - x_1^2)x_2 & 0 \\ 0 & x_1^2x_2^3 - x_1^3x_2^2 + (x_2^2 - x_2^3)x_1 + (x_1^3 - x_1^2)x_2 \\ x_1^3x_2^1 - x_1^1x_2^3 + (x_2^3 - x_2^1)x_1 + (x_1^1 - x_1^3)x_2 & 0 \\ 0 & x_1^3x_2^1 - x_1^1x_2^3 + (x_2^3 - x_2^1)x_1 + (x_1^1 - x_1^3)x_2 \\ x_1^1x_2^2 - x_1^2x_2^1 + (x_2^1 - x_2^2)x_1 + (x_1^2 - x_1^1)x_2 & 0 \\ 0 & x_1^1x_2^2 - x_1^2x_2^1 + (x_2^1 - x_2^2)x_1 + (x_1^2 - x_1^1)x_2 \end{bmatrix}. \tag{4}$$

II. Deformações calculadas a partir dos deslocamentos

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ 2\varepsilon_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_{1,1} \\ u_{2,2} \\ u_{1,2} + u_{2,1} \end{pmatrix} = Bu\ , \tag{5}$$

com

$$B = \frac{1}{2A_\triangle} \begin{bmatrix} x_2^2 - x_2^3 & 0 & x_2^3 - x_2^1 & 0 & x_2^1 - x_2^2 & 0 \\ 0 & x_1^3 - x_1^2 & 0 & x_1^1 - x_1^3 & 0 & x_1^2 - x_1^1 \\ x_1^3 - x_1^2 & x_2^2 - x_2^3 & x_1^1 - x_1^3 & x_2^3 - x_2^1 & x_1^2 - x_1^1 & x_2^1 - x_2^2 \end{bmatrix}. \tag{6}$$

III. Utilizando campo de tensões Estado Plano de Tensão (EPT) ou Estado Plano de Deformação (EPD) é obtido o campo de tensões, $\sigma = D\varepsilon$

$$D = \frac{E}{(1 - v^2)} \begin{bmatrix} 1 & v & 0 \\ v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1 - v}{2} \end{bmatrix} \Rightarrow EPT, \qquad D = \frac{E}{(1+v)(1-2v)} \begin{bmatrix} 1 - v & v & 0 \\ v & 1 - v & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2v}{2} \end{bmatrix} \Rightarrow EPD\ . \tag{7}$$

IV. Aplicação do PTV resultando na matriz de rigidez $K$

$$K = \int_\Omega B^T D B d\Omega = hA_\Delta B^T D B\ , \tag{8}$$

sendo $h$ a espessura e $A_\Delta$a área do elemento CST. Foi assim obtida a equação de elementos finitos do elemento CST $f = Ku$, com os vetores de forças nodais $f$ e deslocamentos nodais $u$.

## 3. PROGRAMAÇÃO DO ELEMENTO CST NA PLATAFORMA MSBFEA

Com utilização do programa Maple o elemento finito CST foi incorporado na plataforma MSBFEA, que consiste em quatro módulos: MSBFEA-PRE, MSBFEA-FEM, MSBFEA-POS e MSBFEA-PDF. As interfaces gráficas via Maplets utilizadas na plataforma permitem combinar as bibliotecas matemáticas e rotinas computacionais em janelas interativas e

caixas de diálogo, possibilitando prescrever condições de contorno e aplicar carregamentos de modo análogo como ao realizado também em programas comerciais de simulação.

### 3.1 Módulo MSBFEA-PRE

Este módulo é responsável pela modelagem da estrutura, requisitando os dados da malha através de Maplets, gerando dois arquivos em formato texto com dados para análise. O fluxograma de programação utilizado para elaboração do MSBFEA-PRE é visualizado na Fig. 2.

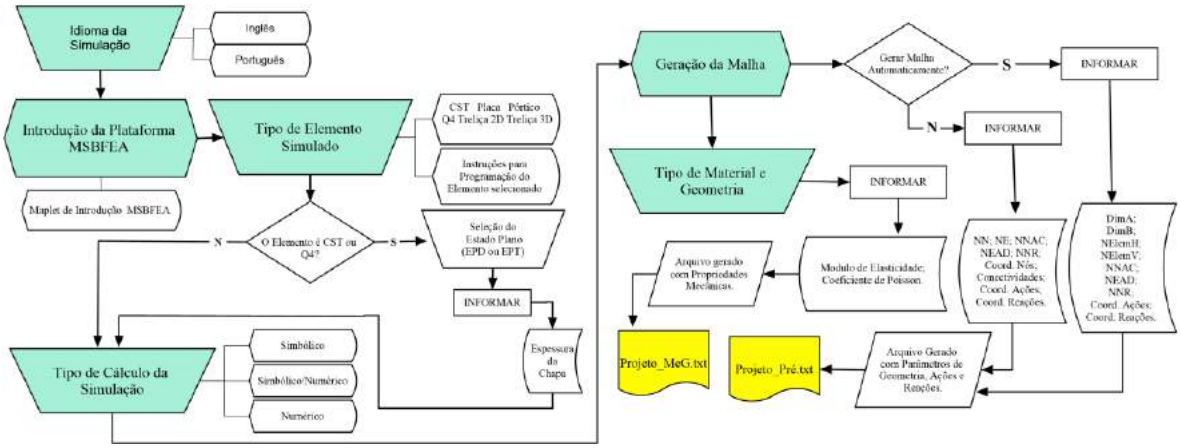



Figura 2. Fluxograma MSBFEA-PRE

### 3.2 Módulo MSBFEA-FEM

O módulo MSBFEA-FEM é responsável pela realização dos cálculos do MEF, sendo alimentado pelos arquivos texto gerados no módulo anterior gerando um terceiro arquivo em formato texto com os valores calculados dos deslocamentos nodais e forças nodais. A Fig 3 ilustra o fluxograma de funcionamento deste módulo.

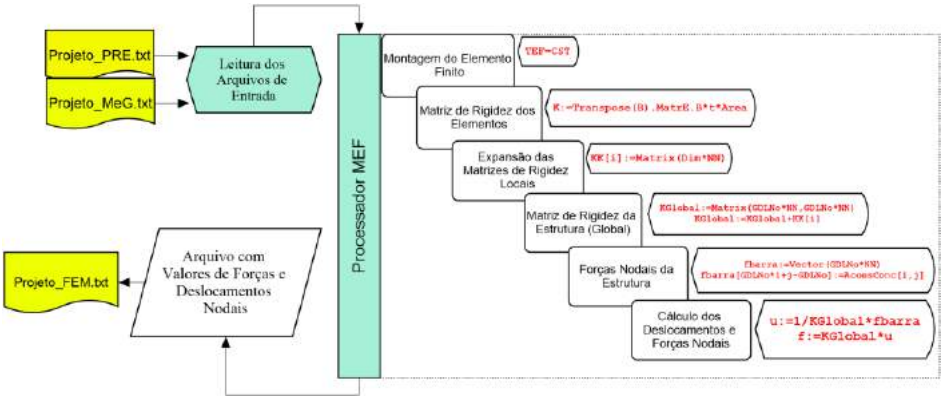



Figura 3. Fluxograma MSBFEA-FEM

### 3.3 Módulo MSBFEA-POS

Munido com os três arquivos gerados nos dois módulos anteriores, apresenta graficamente a estrutura deformada e os gráficos referentes à mesma. Este terceiro módulo ainda não está completamente desenvolvido, visto que é necessária uma programação específica de elementos gráficos para uma boa apresentação e visualização dos dados.

### 3.4 Módulo MSBFEA-PDF

O módulo MSBFEA-PDF gera um arquivo no formato pdf, sendo um documento gerado interativamente pelo operador do programa, com um relatório técnico contendo uma apresentação completa do projeto com equações, gráficos

e tabelas dos resultados. A programação deste módulo será iniciada em um trabalho futuro.

## 4. APLICAÇÕES E RESULTADOS

Com a finalidade de validar os resultados obtidos pelo programa MSBFEA os resultados obtidos são comparados aos disponíveis na literatura e quando possível com resultados analíticos, como por exemplo a teoria clássica de viga de Euller-Bernoulli.

### 4.1 Projeto 1 - MSBFEA com elemento finito CST em análise de chapa tracionada

O caso inicial de comparação aplicado pode ser localizado em Logan (2012). É considerada uma chapa fina submetida a tração conforme Fig. 4. A chapa possui espessura $t = 1\ in$, módulo de elasticidade $E = 30 \times 10^6\ psi$, coeficiente de Poisson $\upsilon = 0{,}3$, está submetida a uma força de tração $T = 1000\ psi$ e considera o Estado Plano de Tensão (EPT). Para este projeto os deslocamentos nodais são calculados pelo MSBFEA e após comparados com Logan (2012). O valor do deslocamento no eixo $x_1$ na extremidade direita obtido pelo MEF também é comparado com uma solução analítica.

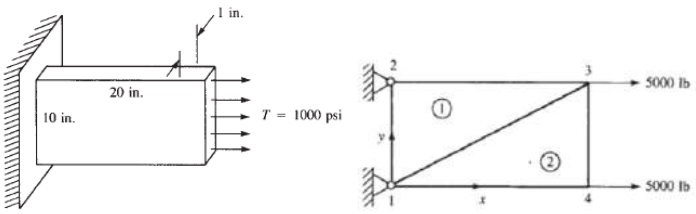



Figura 4. Chapa fina submetida a esforço de tração

Na comparação dos deslocamentos nodais percebe-se que Logan (2012) define um número de casas decimais arredondando os valores e levando em consideração este aspecto os valores são iguais aos obtidos pelo MSBFEA, conforme visualizado na Tab. 1.

Tabela 1. Deslocamentos nodais obtidos por Logan e pelo MSBFEA [$\times 10^{-6}$ in].

| Nó | Componente | Logan (p. 363) | MSBFEA |
|---|---|---|---|
| 1 | $x_1$ | 0 | 0 |
| | $x_2$ | 0 | 0 |
| 2 | $x_1$ | 0 | 0 |
| | $x_2$ | 0 | 0 |
| 3 | $x_1$ | 609,6 | 609,5809981 |
| | $x_2$ | 4,2 | 4,163330665 |
| 4 | $x_1$ | 663,7 | 663,7042968 |
| | $x_2$ | 104,1 | 104,0832666 |

Segundo Popov (1978; Tabela 11) a solução analítica para o deslocamento neste caso é obtida por

$$v_1(x_1 = 20) = \frac{PL}{AE} = \frac{(10000)\times 20}{10\times(30\times 10^6)} = 670 \times 10^{-6}\ in\,. \tag{9}$$

Buscando reduzir a margem de erro para a solução analítica optou-se em criar novas malhas, mais refinadas. A malha com 144 elementos forneceu o resultado mais próximo da solução analítica, com erro de -0,02%. O gráfico da Fig. 5 mostra a convergência para solução analítica com o refino da malha.

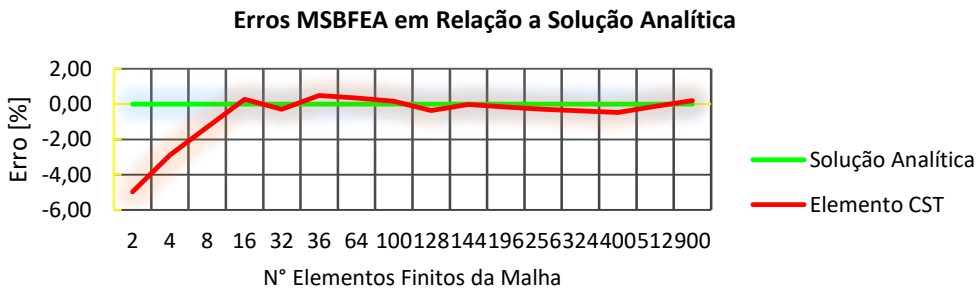



Figura 5. Gráfico de erro MSBFEA e solução analítica

### 4.2 Projeto 2 - MSBFEA com elementos finito CST em análise de viga

Neste caso foi simulada uma viga engastada na extremidade esquerda com uma carga concentrada na extremidade livre, Fig. 6. Este caso foi considerado por Logan (2012, p. 371). Foi realizada a comparação para os valores de deflexão máxima utilizando diversos tipos de malhas com elementos CST e também são comparados com a teoria da elasticidade (POPOV, 1978; Tabela 11).

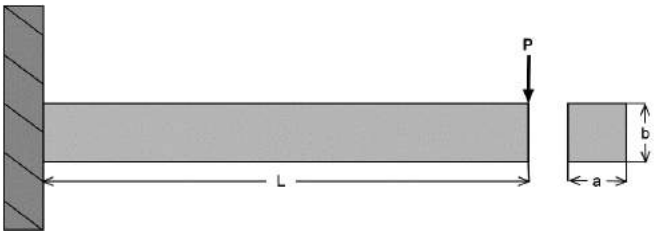



Figura 6. Viga engastada com carga concentrada na extremidade livre

Considerações do problema:

- Força aplicada $F$ = 4000 $N$;
- Dimensões $L$ = 1 $m$, altura $b$ = 0,1 $m$ e $a$ = 0,12 $m$;
- Momento de Inércia $I$ = 1×10$^{-5}$ $m^4$;
- Módulo de Elasticidade $E$ = 200 $GPa$;
- Coeficiente de Poisson $\nu$ = 1/3.

O resultado analítico para a deflexão dado pela teoria da elasticidade para vigas é dado por

$$v_2(x_1 = 1) = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{4000 * 1^3}{3 * 200 \times 10^9 * 1 \times 10^{-5}} = 6{,}667 \times 10^{-4}\ m\ . \tag{10}$$

As malhas modeladas no MSBFEA com o elemento CST possuem 80, 320 e 800 elementos com formato de [2×20], [4×40] e [8×50], respectivamente, na forma [Linhas × Colunas]. A malha utilizada por Logan (2012) de 1280 elementos com malha de [8×80] não foi simulada por incapacidade de memória do computador utilizado, neste caso utilizou-se a malha de [8×50].

A Tab. 2 mostra os erros da comparação entre Logan (2012), Teoria de vigas e o MSBFEA para as diferentes malhas do CST. Na comparação da simulação feita pelo MSBFEA e Logan (2012), na malha de 80 elementos o erro ficou em -0,56% e na malha com 320 elementos o erro ficou em -0,47%. Comparando a malha com 800 elementos CST em referência à teoria de vigas o erro ficou em -7,17%. Considerando a malha do elemento CST que forneceu o menor erro (800 elementos e malha [8×50]), foi gerado um gráfico da estrutura deformada utilizando o módulo MSBFEA-POS, podendo ser visualizado na Fig. 7.

Com o refinamento da malha os resultados convergem para a solução analítica prevista pela teoria da elasticidade. O gráfico da Fig. 8 ilustra esta convergência obtida com o aumento do número de elementos.

Tabela 2. Comparações MSBFEA, Logan (2012) e Teoria da Elasticidade para vigas.

| | N° de Elementos | | N° de Nós | | Deslocamento [×10$^{-4}$ m] | | Erros [%] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Elemento Finito** | **Logan (2012)** | **MSBFEA** | **Logan (2012)** | **MSBFEA** | **Logan (2012)** | **MSBFEA** | **Ref. Logan (2012)** | **Ref. Teoria Vigas** |
| **CST** | 80 | 80 | 60 | 63 | 3,63 | 3,6098 | -0,56 | -45,86 |
| | 320 | 320 | 200 | 205 | 5,537 | 5,511 | -0,47 | -17,34 |
| | 1280 | 800 | 720 | 459 | 6,385 | 6,1893 | - | -7,17 |
| **Teoria da Elasticidade para Vigas** | | | | | 6,667 | | | |

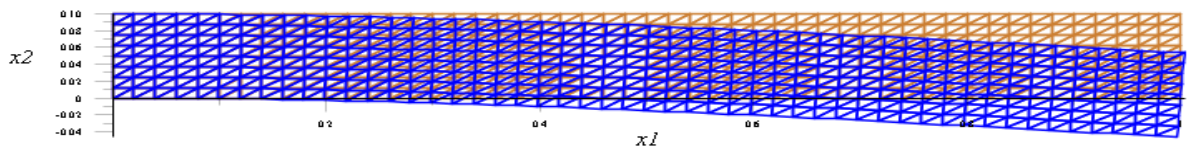



Figura 7. Gráfico da viga deformada em sobreposição na estrutura original com 800 elementos CST e malha [8×50]

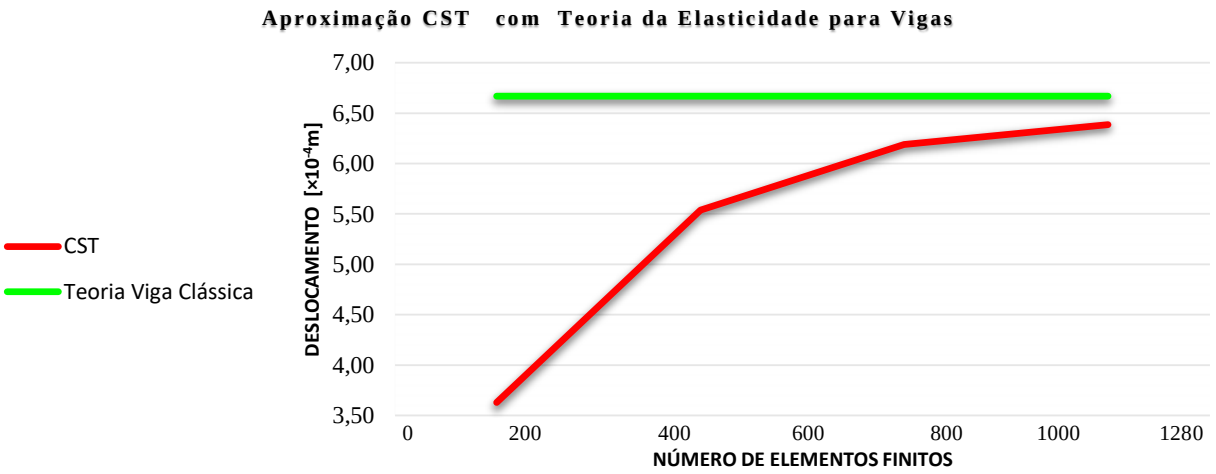



Figura 8. Convergência do CST para o resultado analítico com refino de malha

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho foi realizado com o objetivo de solucionar problemas da elasticidade 2D em chapas através do MEF utilizando o elemento finito CST. A formulação do sistema de equações para elementos finitos partiu mediante o PTV. A programação do elemento CST foi implementada na plataforma MSBFEA.

Os resultados do Projeto 1 comparados com os de Logan (2012) mostraram que o MSBFEA forneceu os resultados dos deslocamentos nodais semelhantes. Para a solução analítica do deslocamento os valores convergiram quando se realizou refinamento da malha. No Projeto 2 foram comparados os resultados do elemento finito CST com a solução analítica de deslocamento para chapa que corresponde a viga. Os resultados foram comparados também com Logan (2012). Foi observado que os elementos finitos CST convergem para a solução analítica com o refinamento da malha. Com uma malha de 800 elementos CST o erro ficou em -7,17%, mostrando que o refinamento da malha gera melhores resultados.

Os resultados dos dois projetos forneceram valores muito próximos ou iguais às soluções de referência apresentadas na bibliografia, mostrando assim que o sistema MSBFEA com o elemento CST é eficiente, validando assim o algoritmo desenvolvido.

## 6. REFERÊNCIAS

COURANT, R. *Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibration*. Bulletin of the American Mathematical Society, vol. 49, p. 1-23, 1943.

HRENNIKOFF, *A. Solution of problems of elasticity by the frame-work method*. Journal of Applied Mechanics, vol. 8, p. 619-715, 1941.

LEVY, S. *Computation of influence coefficients for aircraft structures with discontinuities and sweepback*. Journal of Aeronautical Sciences, vol. 14, n. 10, p. 547-560, 1947.

LOGAN, D.L. *A first course in the finite element method*. 5. ed. Stanford: Cengage Learning, 2012.

McHENRY, D. *Lattice analogy for the solution of plane stress problems*. Journal of the Institution of Civil Engineers, vol. 21, p. 59-82, 1943.

POPOV, E.P. *Introdução à mecânica dos sólidos*. São Paulo: Edgar Blücher, 1978.

WESTPHAL Jr, T. *Método dos elementos finitos*. 2015. 58 f. Apostila (Disciplina: Introdução à Simulação Numérica. Graduação em Engenharia) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus de Erechim, 2015.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA SOLVER DA PLANILHA EXCEL E DA PESQUISA OPERACIONAL PARA A CONSTRUÇÃO DE GRADES DE HORÁRIOS ESCOLARES

**Felipe Junior Sgarbi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
felipejsgarbi@hotmail.com

**Merielen Fátima Caramori**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
merielen@uricer.edu.br

***Resumo:*** *Neste artigo, apresenta-se resultados de uma pesquisa de Iniciação Científica que teve como objetivo verificar se a ferramenta Solver da Planilha Excel aliada à Pesquisa Operacional (PO), ofereciam a possibilidade de elaborar grades de horários para alocação de professores. Para tanto, primeiramente realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o surgimento da PO e sua aplicabilidade na tomada de decisões das organizações, bem como a utilização do Solver para elaborar grades de horários e alocar professores. Posteriormente, buscou-se conhecer como ocorre a elaboração das grades de horários da Graduação na URI/Erechim-RS a partir da aplicação de um questionário à responsável pela Secretaria Geral. As respostas obtidas revelaram que a instituição tem conhecimento sobre softwares para a elaboração das grades de horários, mas devido ao elevado custo não são implantados. Identificou-se também as restrições que devem ser consideradas no momento de elaborar as grades de horários. Com posse dos dados fez-se a tentativa de implementar o Solver para a elaboração da grade de horários no curso de Engenharia de Produção, mas esbarrou-se na inviabilidade devido à quantidade de restrições e variáveis a serem consideradas. Este fato se confirma quando não são encontrados na literatura trabalhos que utilizam o Solver para a elaboração de grades de horários, mas softwares como o Language for Interactive General Optimizer (LINGO) aliado ao Visual Basic (VB).*

***Palavras-chave:*** *Pesquisa Operacional (PO), Solver, Grades de horários escolares.*

## 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o início do semestre letivo exige de qualquer instituição de ensino a distribuição de horários para professores e cursos conforme a sua formação e as necessidades das turmas. No entanto, esta tarefa ainda é em muitas instituições realizada manualmente. Neste sentido concorda-se com Ribeiro, Aizemberg e Uchoa (2013) quando destacam, que apesar dos avanços tecnológicos existentes, muitas instituições ainda utilizam métodos manuais devido ao elevado custo dos softwares disponíveis para este fim.

Vários trabalhos abordam a elaboração de grades de horários, mas em todos eles não se observou a utilização do Solver da Planilha Excel, mas softwares pagos, como o *Language for Interactive General Optimizer* (LINGO), a ferramenta *Visual Basic for Applications* (VBA) do Excel ou o *Visual Basic* (VB), nos trabalhos de Kotsko, Steiner e Machado (2003); Góes (2005); Góes, Costa e Steiner (2010); Andrade, Scarpin e Steiner (2012); Ribeiro, Aizemberg e Uchoa (2013).

A combinação destes softwares de programação traz a vantagem de que os modelos matemáticos são elaborados uma única vez num banco de dados e a solução é gerada automaticamente. Já no Solver é necessário elaborar as restrições manualmente a cada nova alteração, ou seja, a cada novo semestre letivo seria necessário refazer toda a modelagem matemática.

Além de verificar a possibilidade de utilizar o Solver na elaboração da grade de horários, esta pesquisa buscou conhecer como é realizada esta tarefa na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI/Erechim-RS, a partir da aplicação de um questionário, para que de posse dos dados se iniciasse o trabalho de verificar se os recursos disponibilizados pela ferramenta Solver da Planilha Excel poderiam auxiliam na geração de grades de horários escolares desta instituição.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A expressão "Pesquisa Operacional" segundo Andrade (2004), foi utilizada inicialmente na Segunda Guerra Mundial, na intenção de desenvolver métodos para resolver problemas de operações militares. Devido ao sucesso dessas aplicações, o mundo acadêmico e empresarial passou a utilizar as técnicas criadas a fim de solucionar problemas oriundos da administração.

Batalha (2008) ressalta que devido ao caráter multidisciplinar da PO suas contribuições se estendem por praticamente todos os domínios da atividade humana, da Engenharia à Medicina, passando pela Economia e Gestão Empresarial.

Entende-se que esta abrangência da PO contou com o auxílio do avanço tecnológico, o qual é destacado por Andrade (2004), quando salienta que a velocidade de processamento e capacidade de armazenamento dos computadores contribui para que os profissionais que fazem uso da PO desenvolvam modelos com rapidez e eficiência, fazendo com que a tomada de decisões possa ser melhor avaliada e testada antes de ser efetivamente implementada.

No ambiente educacional, a Planilha Excel pode ser um exemplo de um recurso computacional que possibilita a construção de modelos matemáticos. Segundo Leme (2007) modelo matemático é uma forma de representação da realidade através de fórmulas matemáticas. A Planilha Excel juntamente com a ferramenta Solver, permite a validação do modelo pelo confronto dos resultados obtidos com a realidade ou situação-problema que o gerou. Segundo Júnior e Souza (2004), o Solver faz parte de um conjunto de programas algumas vezes chamado de ferramentas de análise hipotética, onde é possível ajustar valores em células variáveis para produzir o resultado específico, bem como aplicar restrições a serem utilizadas no modelo ou em outras células que interfiram no resultado final.

A PO também pode auxiliar na distribuição de carga horária para professores, uma preocupação a cada início de período letivo, pois se o trabalho for realizado manualmente torna-se complexo e demanda muito tempo. Segundo Góes, Costa e Steiner (2010) além de satisfazer as preferências dos professores necessita contemplar questões operacionais e pedagógicas.

Neste sentido concorda-se com Ribeiro, Aizemberg e Uchoa (2013) quando destacam que uma boa distribuição de carga horária influencia na motivação dos envolvidos, bem como na otimização de recursos humanos.

Na literatura encontram-se muitos estudos relacionados a distribuição de grade escolar, grande quantidade voltados para o ambiente universitário. Nesse sentido Góes (2005) explica que esse volume de trabalhos se deve ao fato da maioria dos autores serem professores de instituições de Ensino Superior.

Para realizar a otimização da grade de horários podem ser utilizados os métodos exatos, que conduzem à solução ótima e os métodos heurísticos, que fornecem soluções quase ótimas ou ótimas.

Entre os trabalhos encontrados na literatura, pode-se citar:

O estudo de Kotsko, Steiner e Machado (2003) teve como objetivo realizar a construção de grade horária no Colégio Estadual Padre José Orestes Preima, localizado no interior do município de Prudentópolis/PR onde 21 professores atendiam 12 turmas em um total de 640 alunos em dois turnos (manhã e tarde). Para realizar a alocação otimizada de horários seguiram as seguintes etapas: coleta de dados, modelagem matemática, implementação computacional, solução no programa LINGO versão 6.0 Educacional e formatação da solução para os padrões usuais. Ao final do trabalho os autores consideraram que o método utilizado se mostrou razoavelmente eficiente, havendo possibilidade de ser utilizado em outras escolas públicas.

Com a intenção de comparar o desempenho de três métodos (modelo matemático, abordagem heurísticas e método misto), Góes, Costa e Steiner (2010) desenvolveram um protótipo para a construção da grade horária escolar de uma escola municipal da cidade de Araucária/PR. Após a coleta de dados, primeiramente resolveram o problema através do método matemático, com o desenvolvimento de um programa computacional VB, o qual gera todas as restrições deste modelo, conforme a "alimentação" dos dados realizada pelo usuário. Após geradas as restrições e a função objetivo o modelo é resolvido pelo *software* LINGO, versão 6.0, onde ao todo foram geradas 2.090 variáveis no problema.

O segundo método a ser testado foi através de Algoritmos Genéticos (AGS), onde segundo Goldberg (1989), AGS são algoritmos de busca baseados nos mecanismos de seleção natural e genética natural. Os AGS são metaheurísticas que procuram os melhores indivíduos (soluções) que melhor representem as condições impostas pelo problema. Já o terceiro modelo desenvolvido foi através do método Misto, devido ao alto tempo de processamento através do *software* LINGO. A partir dos modelos desenvolvidos os autores concluíram que os três métodos apresentaram soluções satisfatórias, mostrando-se mais eficientes que o método manual.

O trabalho de Moreira e Silva (2013) apresenta um estudo de caso de designação de encargos didáticos em uma universidade. Neste estudo aplicou um modelo de programação linear inteira na distribuição de disciplinas do curso de Licenciatura em Matemática do Departamento de Matemática (DAMAT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Cornélio Procópio. A coleta de dados foi feita a partir do sistema da universidade e um questionário eletrônico. Os dados referentes aos horários das disciplinas foram coletados através do sistema da universidade, e os referentes aos professores foram através do questionário. Após a coleta de dados com o apoio do *GNU Linear Programming Kit (GLPK)*, pacote desenvolvido para a resolução de problemas de programação linear e programação inteira mista de grande porte e outros problemas relacionados, foi apresentado um modelo que gerou um resultado mais satisfatório aos docentes quando comparado com o método atualmente utilizado.

Ribeiro, Aizemberg e Uchoa (2013) propuseram um modelo matemático de Programação Linear Mista para a criação do quadro de horários do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. O projeto desenvolveu-se com pesquisa na literatura correlata, concomitante a entrevistas com os envolvidos, visando entender as necessidades inerentes ao problema. Posteriormente, estruturou-se uma planilha eletrônica, no *software* MS Excel, para a armazenagem dos dados. Outros recursos utilizados na implementação do modelo foram: VBA, a biblioteca de funções UFFLP e o resolvedor CPLEX. A grade horária resultante mostrou-se bastante satisfatória atingindo eficiência por volta de 93% em relação ao desejo dos docentes em lecionar disciplinas naquele dia e horário.

Andrade, Scarpin e Steiner (2012) realizaram na Universidade Federal do Paraná um trabalho semelhante ao citado anteriormente, que tinha como objetivo apresentar um modelo matemático de Programação Linear Binária para a geração de grade de horário para o curso de Engenharia de Produção. Após uma pesquisa no curso, criou-se uma planilha eletrônica onde foram cadastrados os dados levantados, utilizaram o VBA para gerar o modelo matemático e o *software* LINGO 12.0 para solução do modelo. Com a combinação desses *softwares* concluiu-se que o modelo é capaz de gerar a grade horária do curso satisfatoriamente, sendo assim viável para utilização prática.

## 3. METODOLOGIA

Inicialmente fez-se uma busca bibliográfica em artigos publicados em anais de eventos e em teses de mestrado a respeito da utilização da ferramenta Solver da Planilha Excel na geração de grades de horários e alocação de professores, a fim de verificar se esta ferramenta tem sido utilizada para este fim e de que maneira isso ocorre.

Além da revisão bibliográfica sobre o assunto, buscou-se conhecer como ocorre a elaboração da grade de horários na Uri/Erechim-RS, a partir da aplicação de um questionário à responsável pela Secretaria Geral, após a autorização da Direção Acadêmica. As questões e suas respectivas respostas foram as seguintes:

- **Questão 01**: Que procedimentos são adotados antes de iniciar a elaboração dos horários do semestre? Listar em itens por ordem de importância.

  É necessário montar o Quadro, com as disciplinas por curso e por turma. A partir do Manual Acadêmico.

  Elencar o nome dos professores que ministraram aulas no semestre respectivo, anterior.

  Encaminhar este Quadro aos Coordenadores de Curso para revisar: Códigos, Disciplinas, Créditos, Pré-requisitos e indicar o respectivo professor.

  Será dado prazo para retorno.

  Após retorno, é feito um Quadro por disciplina – crédito – com o nome de professor – correspondente à cada Coordenador de Área de Conhecimento, que confirmará ou não, e fará as respectivas alterações – dependendo da carga horária que cada professor poderá ter.

  Será dado prazo para retorno.

  Após retorno, é feito um quadro individual para cada professor, com disciplina, crédito, curso e turma, que é encaminhado à Direção Acadêmica, para que juntamente com a Direção Administrativa faça a análise e libere para o início da elaboração dos horários.
- **Questão 02:** Utilizam algum *software* para a elaboração das grades de horários? Qual?

  Não é utilizado nenhum software.
- **Questão 03:** Os professores ficam à disposição todos os dias da semana para dar aula? Como é feito essa abordagem? Que restrições devem ser observadas no momento de iniciar a elaboração dos horários.

  Não, os professores não ficam à disposição todos os dias da semana.

  Essa abordagem é feita através de um formulário chamado SUGESTÃO DE HORÁRIO, que o professor preenche, devolve junto ao Setor de quem faz o horário, indicando e justificando os turnos impossíveis para dar aula.

  As restrições que devem ser observadas são:
  - As indicadas pelo professor, desde que fundamentadas.
  - Para os membros do Conselho de Campus, o turno da Reunião.
  - Para professores que tem reuniões como: Comissão de Ética, Pós-Graduação/mestrado/doutorado.
  - Programar que não haja três turnos de trabalho.
  - Programar que tenha 11 horas de intervalo entre o turno da noite e o da manhã.
  - Considerar se o professor tem aulas no Pós-Graduação.
  - Considerar se o professor está estudando – Mestrado/Doutorado.

  Cuidar com as aulas entre o Campus I e o Campus II, para que o professor não tenha na mesma noite nos dois câmpus.
- **Questão 04:** A URI tem conhecimento de ferramentas que auxiliariam na elaboração das grades? Quais? Citar as ferramentas e explicar o porquê não são utilizadas.

  Sim tem conhecimento.

  Existe um aplicativo da Totvs que programa os horários, porém não foi implantado devido ao elevado custo de aquisição.

Outros aplicativos disponíveis no mercado não possuem interface com o Totvs.

- **Questão 05:** Alguma vez foi utilizada a ferramenta Solver do Excel, para elaboração das grades?
  Não nunca foi utilizada.
- **Questão 06:** Qual é o número de funcionários envolvidos na elaboração dos horários e quais são as suas funções/responsabilidades?
  Desde o início da primeira tarefa, até o final da digitação para os professores, bem como a divulgação na página para a consulta dos alunos, são 4 funcionários.
  Funções: 2 funcionários:
  - Elaborar o quadro para enviá-lo aos Coordenadores de Curso.
  - Elaborar o quadro para enviá-lo aos Coordenadores de Área.
  - Elaborar o quadro para enviá-lo à Direção.
  - Fazer os horários.
  - Enviar o Quadro para o Setor de Comunicação.

  Funções: 1 funcionário – Fazer a conferência de todas as disciplinas, códigos, créditos, pré-requisitos, Curso por curso, Turma por turma.
  Funções: 1 funcionário, mas que se auxilia às vezes de até outros 3 funcionários para fazer a digitação no sistema para os horários dos professores e para que os alunos possam fazer a matrícula.
  Responsabilidades: Todos trabalham em conjunto para que o melhor aconteça. Professores satisfeitos, Coordenadores que procuram o melhor para o Curso.
- **Questão 07:** Quantos dias e qual é o número de horas trabalhadas por dia na elaboração da grade de horários?
  Não é possível precisar este dado, uma vez que os trabalhos iniciam sempre um semestre anterior, juntamente com esta atividade todas as demais do setor se desenvolvem junto. Além desta atividade os funcionários possuem outras tarefas que devem estar concluídas dentro de semestre.

A partir das respostas obtidas através do questionário, tomou-se conhecimento das restrições existentes com a finalidade de apresentar uma possibilidade de utilizar o Solver e a PO na elaboração de grades de horários escolares.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De posse das informações obtidas pelas respostas do questionário e a partir dos conhecimentos adquiridos sobre o Solver na pesquisa anteriormente realizada, fez-se a tentativa de implementar a utilização do Solver para gerar a grade de horários do curso de Engenharia de Produção da Universidade, mas esbarrou-se na inviabilidade devido à quantidade de restrições a serem consideradas e na quantidade de variáveis, como por exemplo, dias, turmas e horários disponíveis para cada professor.

Essa dificuldade de implementação foi confirmada no trabalho de Góes (2005), o qual desenvolveu um protótipo a fim de encontrar uma solução para satisfazer a preferência de cada professor, as exigências pedagógicas e operacionais em uma escola municipal de Araucária/PR, no ano de 2004, utilizando os *software*s LINGO 6.0 e o VB 6.0. Nesta escola havia 8 disciplinas ofertadas para 10 turmas, onde para cada disciplina havia apenas um professor. Assim foram geradas 2090 variáveis e 2818 restrições. Desta forma, confirma-se novamente que a utilização do Solver para resolver este tipo de problema é inviável, pela quantidade de professores e disciplinas existentes na Uri/Erechim-RS.

As respostas obtidas para o questionário permitem inferir que a instituição não faz uso de *software*s para a elaboração do quadro de horários, embora já utiliza um *software* da empresa Totvs que possui um aplicativo para este fim, o qual não foi adquirido pelo elevado custo financeiro.

Um fato que chama a atenção é o tempo de aproximadamente seis meses para elaborar o quadro de horários para o semestre seguinte. Por este e outros motivos, entende-se que a instituição poderia incentivar o seu Centro de Processamentos de Dados (CPD), no desenvolvimento de um *software* que pudesse auxiliar na elaboração, ou fomentar mais pesquisas semelhantes a esta, a fim de buscar otimizar tempo e custos envolvidos nesta tarefa.

## 5. CONCLUSÃO

Através do estudo realizado percebeu-se que a PO possui ampla aplicabilidade, podendo ser utilizada na resolução de diversos tipos de problemas, inclusive nos relacionados à construção de grades de horários escolares.

A partir da revisão da literatura, não se encontraram trabalhos que utilizassem o Solver na elaboração de grades de horários escolares. Sendo assim, pode-se concluir que a sua utilização não é indicada para elaborar grades de horários devido à quantidade de variáveis e restrições que devem ser consideradas. Além disso, a cada nova elaboração de horários, praticamente todo o trabalho anterior seria descartado. A intenção era fazer a modelagem matemática uma única vez e a cada novo semestre fazer apenas as alterações necessárias, o que é possível de se realizar, a partir da literatura estudada, utilizando o *software* LINGO aliado ao VB. Para tanto seria necessário adquirir o *software* e estudar seu funcionamento com base nos autores anteriormente citados.

Ainda neste sentido, tomando como base as respostas da questão 6, na Uri/Erechim-RS são envolvidos em torno de quatro funcionários e aproximadamente um semestre de trabalho para elaborar a grade de horários da Graduação. Este investimento poderia reduzir custos, já que seria necessária uma única licença e os funcionários estariam disponíveis no CPD da universidade, tendo em vista que os mesmos têm conhecimento em linguagem de programação, necessária para realizar um trabalho deste tipo.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

ANDRADE, P. R. L.; SCARPIN, C. T.; STEINER, M. T. A. Utilização de Programação Linear Binária para Elaboração da Grade Horária do Curso de Engenharia de Produção da UFPR (2012). In: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção. 2012. Anais eletrônicos... Bento Gonçalves, RS, Brasil. 2012. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_S2016TO_162_943_19814.pdf>.

BATALHA, M. O. (org). Introdução à engenharia de produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

GÓES, A. R. T. Otimização na Distribuição da Carga Horária de Professores – Método Exato, Método Heurístico, Método Misto e Interface. p. 130. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.

GÓES, A. R. T.; COSTA, D. M. B.; STEINER, M. T.A. Otimização na programação de horários de professores/turmas: Modelo Matemático, Abordagem Heurística e Método Misto. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão. Niterói, abr. 2010. Disponível em: <www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/download/V5N1A4/V5N1A4>.

GOLDBERG, D. E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Inc. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.

JÚNIOR, A. C. G.; SOUZA, M. J. F. Solver (Excel): manual de referência. 2004, 22f. Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. Disponível em:<http://www.rodrigofernandez.com.br/ecomp/ref/manual_solver.pdf>.

KOTSKO, E. G. S; STEINER, M. T. A; MACHADO, A. L. F. Otimização na construção da grade horária escolar – Uma aplicação. In: XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal-RN, 2003.

LEME, N. D. O ensino-aprendizagem de matemática financeira utilizando ferramentas computacionais: uma abordagem construcionista. 2007. 199f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http:www.pucsp.br/pos/edmat/ma/dissertaçao_nelson_dias_leme.pdf>.

MOREIRA, A. P.; SILVA, D. C. S. Designação de encargos didáticos: um estudo de caso em uma universidade. In: VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR. 2013.

RIBEIRO, D. M.; AIZEMBERG, L.; UCHOA, E. Geração de Grade de Horários para Disciplinas de uma Instituição de Nível Superior utilizando Programação Linear Inteira. In: Multiobjetivo. In: XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. A Pesquisa Operacional na busca de eficiência nos serviços públicos e/ou privados. 2016. Anais eletrônicos... Natal, RN, 2013. Disponível em: < http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2013/pdf/arq0392.pdf>.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CORRELAÇÃO NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE MASSALOTES PARA A FUNDIÇÃO DE PEÇAS EM ALUMÍNIO

**Filipi Riconi**

**Arthur Bortolin Beskow**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim - RS, 99709-510

riconifilipi@gmail.com

arthur@uricer.edu.br

***Abstract.*** *The manufacture of parts by the casting process consists of melting a metal alloy and filling a cavity of a mold, where the shape corresponds to the projected part. After its complete solidification, in view of this, work thesis is directed to the risers project for parts with different geometries, using aluminum as raw material. In this work, were done the pattern project and the risers sizing, using three different analysis presented by the literature, which are necessary to produce defects free parts. The choice of aluminum as raw material was due to its lightness and how easily is to reach the melting point. Still aiming it´s practicality and the use of the available resources in the laboratory, a steering knuckle pattern made out of wood was built using a 3D printer. To check if the risers project were appropriate, in partnership with a local casting company, a numerical simulation was done using the software MAGMA®, being very important to obtain result predicting the casting soundness even before the experiments, showing casting defects and possible flow problems during the solidification and pouring steps. The risers project were done using three different methods, the feedmod, the volumetric shrinkage and the solidification time rules. After finishing the experiments it was clear that for the first part casting the most appropriate technic was the solidification time rule, while for the steering knuckle the best technic was the volumetric shrinkage rule. In this way, it was understood that the method for risers project is directly related with the part geometry, and detailed studies must be done to indicate which technic is the most appropriate for each case.*

***Keywords:*** *risers, scaling, methods, software, casting.*

## 1. INTRODUÇÃO

A fundição é caracterizada como um dos processos mais antigos e também um dos mais versáteis, principalmente quando se considera os diferentes formatos e tamanhos das peças que se pode produzir por esse processo. Com isso, a partir desse método de fabricação é possível elaborar peças de simples aplicação até a mais rigorosa, porém é importante salientar que se deve ter um bom controle de processo para garantir e assegurar a qualidade da peça.

O processo consiste em vazar o metal líquido na cavidade de um molde com o formato e medidas da peça a ser fabricada, capaz de produzir desde peças simples de uso doméstico até as mais sofisticadas. O emprego do alumínio como matéria prima das empresas que trabalham com o processo metalúrgico de fundição possui, sem dúvida alguma, grande importância no cenário industrial.

A utilização do software ajuda as fundições a eliminar fontes de energia excedentes e desperdícios de materiais, que levam a redução de custos e impacto ambiental. Além disso, fornece vantagens tecnológicas e competitivas às fundições, as quais auxiliam na otimização do processo de fundição aumentando a sua rentabilidade. E ainda, a partir das simulações, é possível cronometrar o tempo de enchimento, assim como, observar áreas que solidificam em diferentes tempos. Além disso, possibilita a identificação de possíveis defeitos internos, bem como, rechupes, porosidades ou inclusões.

## 2. EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

### 2.1 Regra dos módulos

Para realizar o dimensionamento do massalote pela regra dos módulos inicia-se calculando o módulo da peça, que pode ser representada pela Eq. (1).

$$M_p = \frac{V_T}{A_s} \tag{1}$$

onde $M_p$ é o módulo da peça em $mm$, $V_T$ é o volume da peça em $mm^3$ e $A_s$ é a área superficial da peça em $mm^2$.

O módulo do massalote pode ser calculado através da Eq. (2), que relaciona coeficiente de funcionamento para cada caso com o módulo da peça.

$$M_m = K \cdot M_p \tag{2}$$

onde $M_m$ é o módulo do massalote em $mm$, $M_p$ é o módulo da peça em $mm$ e $K$ coeficiente tabelado para cada condição.

Foi utilizada apenas uma equação para determinação do diâmetro dos massalotes, no caso, a Eq. (3) é adotada pelo fato do massalote ser aberto para a atmosfera e sem cobertura de pó isolante.

$$D_m = \frac{4H_m . M_m}{H_m - M_m} \tag{3}$$

onde $D_m$ é o diâmetro do massalote em $mm$ e $H_m$ é a altura do massalote em $mm$.

Todavia, para determinação da altura do massalote, se faz necessário o emprego de uma expressão matemática que relaciona um valor predeterminado, onde $1{,}5 \leq L \leq 2$, com o valor do diâmetro do massalote, a Eq. (4) representa o que foi relatado anteriormente:

$$H_m = L \cdot D_m \tag{4}$$

onde $H_m$ é a altura do massalote em $mm$ e $L$ é a relação matemática em $mm$.

### 2.2 Regra da contração volumétrica

O massalote deve ter uma quantidade de metal líquido suficiente para compensar a contração que a peça ou o elemento de peça apresenta enquanto é resfriada (SENAI, 1987ab). O dimensionamento por este método baseia-se no cálculo do volume do massalote que é dado pelas Eqs. (5) e (6).

$$V_c = V_p \cdot \frac{\delta_S}{\delta_l} \tag{5}$$

$$V_m = K' \cdot r \cdot V_c \tag{6}$$

onde $V_c$ é o volume da cavidade em $mm^3$ e $\frac{\delta_S}{\delta_l}$ é a relação de densidades sólido/líquido do metal [adimensional], $V_m$ é o volume do massalote em $mm^3$, $K'$ é uma constante tabelada que depende do resfriamento do metal [adimensional] e $r$ é o coeficiente de contração volumétrica [adimensional].

### 2.3 Regra do tempo de solidificação

Chvorinov (1939), comprovou experimentalmente que o tempo de solidificação de uma peça ou parte desta é diretamente proporcional ao quadrado da relação volume/superfície de resfriamento da mesma, desta forma o tempo de solidificação de uma peça fundida pode ser descrita pela Eq. (7):

$$t_S = K_C \left(\frac{V_T}{A_S}\right)^2 \tag{7}$$

onde $t_S$ é o tempo de solidificação do massalote e $K_C$ é a constante que depende das propriedades do material fundido.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Escolha das peças

A primeira peça escolhida para o experimento é utilizada por Baldam (2014), exemplificando o posicionamento e tipos de massalotes que devem ser usados para tal experimento. A segunda peça trata-se de uma manga de eixo, tal componente é empregado em alguns veículos experimentais desenvolvidos por estudantes da universidade para aplicar em um veículo *off-Road*, que representa o campus em uma competição de engenharia. A manga de eixo é o elo entre o conjunto de roda e pneu e os braços de suspensão do veículo, sendo responsável por sua dirigibilidade, estabilidade e comportamento. Ambas as peças são ilustradas na Fig. 1.

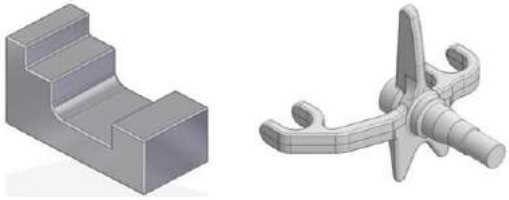


Figura 1 – Modelos do experimento.

O primeiro modelo foi gerado primeiramente com o auxílio do software de desenho *Solid Edge*, a partir dele o modelo ganhou dimensões. O material alternativo para a fabricação do modelo foi o *MDF*, essa escolha concretizou-se pelo fato que este apresenta bom grau de rigidez e resistência a compressão, além disso, a sua leveza, baixo custo e alta disponibilidade, foram fatores decisivos na escolha. Assim, foi necessário a aplicação dos conhecimentos relacionados à controle numérico e programação, para que o bloco de *MDF* tomasse forma no centro de usinagem do laboratório.

Diferentemente do modelo anterior, o projeto e a decisão de qual material utilizar para construí-lo exige maior estudo, pelo fato da segunda peça contar com uma geometria complexa e não possuir tanta simetria quanto a primeira peça, então ficou claro que em hipótese alguma o modelo pode ser fabricado em *MDF*. Sendo assim, foi estabelecido que a fabricação do segundo modelo é obtida através de uma impressora 3D, onde o esboço do modelo é construído no *Solid Edge*, detalhado e posteriormente o desenho transformado em um objeto com dimensões exatas de material polimérico.

Dessa forma, não necessitou tanto cuidado durante a fabricação do modelo, pois não há usinagem envolvida no processo, como na construção do primeiro modelo. Além disso, o modelo obtido a partir da impressora 3D, apresenta ótima resistência, acabamento, alta velocidade de produção e extrema leveza, reproduzindo um modelo ideal para a moldagem em areia verde.

## 4. RESULTADOS

A Tab. 1 representa o resumo dos resultados encontrados para peça 1, onde após o dimensionamento do massalote pelas técnicas apresentadas, deve ser escolhido o de maior diâmetro para garantir que se obtenha uma peça livre de defeitos, porém, em termos de economia deve-se optar pelo menor que produza peças sem defeitos. Como existe o recurso do software de simulação numérica, foi testado os massalotes antes de fazer a fabricação da peça,

| Dimensão | Regra dos Módulos | Regra da Contração Volumétrica | Regra do Tempo de Solidificação |
|---|---|---|---|
| Diâmetro do Massalote 1 | 58,47 *mm* | 47,06 *mm* | 59,53 *mm* |
| Altura do Massalote 1 | 87,71 *mm* | 70,59 *mm* | 89,31 *mm* |
| Diâmetro do Massalote 2 | 68,31 *mm* | 41,89 *mm* | 69,55 *mm* |
| Altura do Massalote 2 | 102,46 *mm* | 62,83 *mm* | 104,32 *mm* |

Tabela 1 – Resumo dos resultados obtidos para a peça 1.

A Tab. 2 mostra que a partir do dimensionamento através da técnica que rege o tempo de solidificação, o requisito de altura do massalote não foi atingido, por esse motivo, essa regra de dimensionamento, juntamente com a regra dos módulos, estão descartadas para realizar a simulação computacional e fundição da manga de eixo.

| Dimensão | Regra dos Módulos | Regra da Contração Volumétrica | Regra do Tempo de Solidificação |
|---|---|---|---|
| Diâmetro do Massalote | 23,56 *mm* | 39,8 *mm* | 24,1 *mm* |
| Altura do Massalote | 35,34 *mm* | 76,5 *mm* | 36 *mm* |

Tabela 2 – Resumo dos resultados obtidos para a peça 2.

### 4.1 Simulação Computacional

Depois dos massalotes devidamente calculados, tornou-se possível a realização da simulação com o MAGMA. O software disponibilizou a visualização dos resultados relacionados à ambos experimentos de fundição, sendo assim, eventuais defeitos puderam ser observados tanto na primeira peça, quanto na segunda.

A simulação do caso com o maior massalote (regra do tempo de solidificação), indicou uma região com porosidades como ilustra a Fig. 2, porém com um percentual de ocorrência não tão alto. Este resultado sugeriu que os massalotes dimensionados não são suficientemente grandes para suprir a contração do metal na peça e talvez haja a necessidade de modificar o posicionamento dos mesmos. Mesmo tendo este defeito, esta configuração de massalote foi adotada para fazer o experimento.

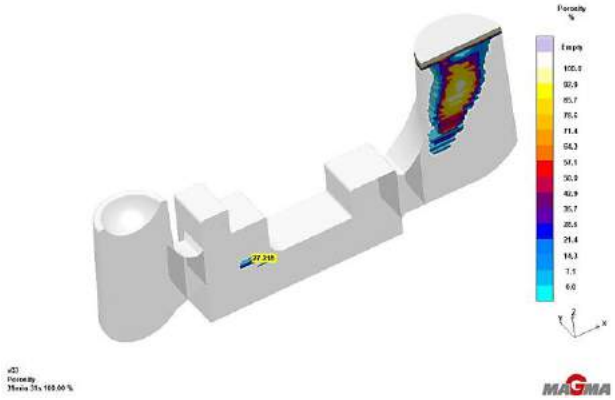


Figura 2 – Nível de porosidade com dimensionamento dos massalotes pela regra do tempo de solidificação.

A Fig. 3 ilustra a sanidade interna da peça, é observado que a região do massalote apresenta porosidades e rechupes, que é um bom indicativo, demostrando que o mesmo apresentou atuação durante a solidificação do conjunto. Porém, a simulação computacional também revelou um pequeno defeito de fundição em um dos braços da manga de eixo, trata-se de uma porosidade de baixo grau, que por sua vez, pode aparecer durante o experimento prático.

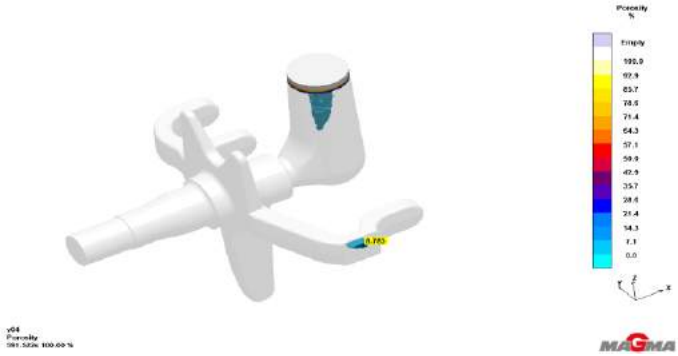


Figura 3 – Nível de porosidade com dimensionamento do massalote pela regra da contração volumétrica.

A probabilidade de surgir o defeito de porosidade no braço é de 9%, ou seja, há uma possibilidade baixa. Para confirmar a existência ou não deste defeito só é possível realizando o experimento. No entanto, para minimizar as chances de ocorrer essa falha de fundição, a alternativa usualmente utilizada é fazer uma saída de gás durante a moldagem, que também elimina as chances de haver aprisionamento de gases no molde durante o enchimento da cavidade.

A moldagem da primeira peça foi basicamente simples, apresentou ótima compactabilidade, garantindo a ausência de quebra de bolo. A temperatura de vazamento do alumínio no molde manteve-se próximo de $T = 710\ ℃$, muito similar à temperatura utilizada na simulação computacional.

O tempo de enchimento do molde foi aproximadamente $9\ s$, condição ideal para essa peça que apresenta massa moderada, considerando a escala do experimento. A Fig. 4 apresenta uma fotografia da peça desmoldada e cortada ao meio, para revelar as suas condições internas.

Também se observa que ambos os massalote apresentaram funcionalidade durante a solidificação do fundido, possuem rechupes e vazios. A simulação desta condição apresentou probabilidade de defeito interno, porosidades, este defeito foi fielmente reproduzido no experimento e pode ser visualizado na figura que apresenta uma fotografia da peça após esta ter passado por um processo de fresamento.

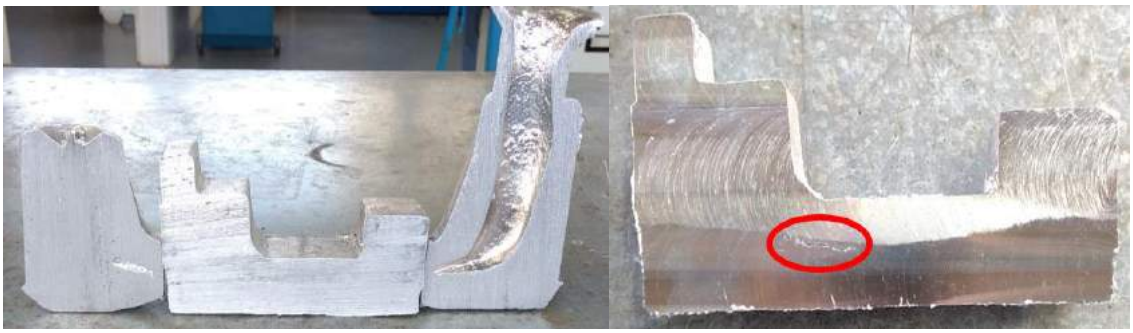


Figura 4 – Peça 1 cortada ao meio revelando sanidade e defeito de fundição.

Quanto à moldagem da segunda peça, a mesma gerou dificuldade durante a extração do modelo bipartido, ocasionando quebra de bolo do molde, que também pode ter sido estabelecida pelo fato do modelo apresentar alguns ângulos de discordância. Necessariamente, ajustes manuais foram feitos com o auxílio das ferramentas de moldagem, essa ação desenvolveu o aparecimento de rebarbas maiores na peça fundida.

A temperatura de vazamento utilizada na simulação computacional foi próxima da temperatura registrada no termopar segundos antes de realizar o vazamento do experimento prático, na qual, a temperatura atingida foi de $T = 716\ ℃$.

A Fig. 5 ilustra o conjunto peça com o massalote depois de desmoldado, resfriado e com a limpeza devidamente feita. Nela é possível identificar alguns pinos, gerados pelas saídas de gases que foram feitas durante o processo de moldagem, proporcionando maior qualidade da peça. Também é possível observar a manga de eixo fundida e cortada ao meio, revelando suas condições de sanidade interna. A peça também foi desassociada na região onde havia tendência de rechupe, porém o experimento não apresentou defeito, tal como, a simulação gerada no MAGMA.

Figura 5 - Peça 2 limpa e cortada ao meio revelando sanidade interna do conjunto peça-massalote.

Também é possível observar que o massalote não apresentou contrações significativas, apontando ineficiência, portanto, fica claro que a fabricação da manga de eixo pode ser realizada, através de um processo de fundição com massalotes menores, aumentando o rendimento metalúrgico. No entanto, os massalotes calculados pelas regras dos módulos e do tempo de solidificação não possuem tamanho suficiente, pois estas técnicas são mais indicadas para peças que possuem maiores concentrações volumétricas.

## 5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste trabalho foi possível concluir que o experimento realizado para fundir a peça 1, apresentou resultados satisfatórios, tendo em vista que, os massalotes calculados pela regra do tempo de solidificação apresentaram altura e diâmetro de 5 a 40 % maiores que as outras duas técnicas. Boa parte das características reveladas na simulação com o MAGMA foi encontrada no fundido, desde a altíssima contração dos massalotes, até a presença de pequenas porosidades, validando a simulação numérica.

Temperaturas elevadas e alta velocidade de enchimento do molde, também podem ser responsáveis pela presença de pequenos defeitos de fundição. Em vista disso, ambos os experimentos foram realizados com a temperatura de vazamento aproximadamente 10℃ abaixo da simulada, portanto, pode-se dizer que essa circunstância contribuiu para a obtenção das peças com condições metalúrgicas de ótima qualidade.

Contudo, verificou-se que o massalote dimensionado pela regra da contração volumétrica, para realizar o experimento da manga de eixo, apresentou altura e diâmetro 50 % maior que nas demais técnicas. Apesar de ter gerado a peça sem defeito, não atendeu aos requisitos esperados, ou seja, não obteve eficiência, permanecendo consistente e sem apresentar sinais de alimentação à peça. Por esse motivo, deve-se redimensioná-lo com a finalidade de reduzir o seu tamanho e consequentemente, melhorar o rendimento metalúrgico de 47,63 %.

Quanto às simulações, pode-se dizer que foram de extrema importância, conciliando a parte de construção dos modelos, o dimensionamento dos massalotes e prevendo resultados muito próximos da realidade. O software contribuiu para selecionar os métodos mais apropriados na realização das fundições, sendo respectivamente, a regra do tempo de solidificação para a peça 1, e a regra da contração volumétrica para a manga de eixo do baja.

Por fim, conclui-se que a escolha da técnica de dimensionamento dos massalotes está diretamente relacionada à geometria da peça, desta forma, não pode ser escolhida uma única técnica e adotá-la, mas sim realizar um estudo detalhado de qual a mais indicada para cada situação.

## 6. REFERÊNCIAS

BALDAM, R. L. **Fundição: processos e tecnologias correlatas**. São Paulo, Érica 2. ed., 2014.

CHVORINOV, N. **Control of the solidification of castings by calculation.** London, Foundry Trade Journal, 1939.

SENAI. **Determinação dos Sistemas de Massalotes e Canais.** Belo Horizonte, Senai, 1987ab.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO UTILIZANDO O MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS

**Jaque Willian Scotton**
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.
jaquewillian@gmail.com

**Eliezer José Balbinot**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Erechim, RS, Brasil.
eliezer.balbinot@hotmail.com

***Resumo.*** *Este trabalho apresenta os resultados obtidos em simulações numéricas da transferência de calor por convecção, bidimensional e estacionária, visando a determinação dos campos de temperatura para diferentes valores do número de Peclet, que é um parâmetro adimensional definido como a razão entre as forças de advecção e de difusão. A equação governante foi discretizada pelo Método dos Volumes Finitos, implementado em FORTRAN, empregando o esquema de interpolação WUDS – Weighted Upstream Differencing Scheme e o método de Gauss-Seidel para resolver o sistema de equações lineares resultante. Dentre os resultados obtidos, destaca-se a razoabilidade física da influência verificada do número de Peclet nos campos de temperatura obtidos, tendo sido satisfatoriamente comparados os resultados obtidos para o problema de pura difusão (condução) com outros resultados analíticos encontrados na literatura.*

***Palavras-chave:*** *Transferência de calor, Convecção, Volumes Finitos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos envolvendo transferência de calor por condução e/ou convecção são de grande interesse para diversas áreas das ciências, como a Física, a Química e as Engenharias, de modo que trabalhos centrados nesses tipos de problemas são vastos na literatura, dentre os quais se podem citar os de Jiang e Ren (2001), Angirasa (2002), Zhao, Lu e Hodson (2006), Quian, Feng e He (2012), Ahsan e Hussain (2016), Wunder, Enders e Semiat (2017) e Gangapatnam, Kurian e Venkateshan (2018).

Maliska (2004) destaca que há duas formas básicas de estudar tais problemas. Uma é empregando métodos teóricos (baseados em modelos matemáticos que podem ser resolvidos analiticamente ou numericamente); outra é por meio da realização de experimentos (de campo ou de laboratório). É claro que os métodos teóricos têm a vantagem de serem menos custosos financeiramente do que os experimentais, além de em geral serem mais facilmente realizáveis. Por outro lado, a experimentação tem a vantagem de poder, em determinadas situações, tratar a configuração real do problema, enquanto os métodos teóricos via de regra envolvem modelos oriundos de simplificações no problema real.

Neste âmbito, no presente trabalho faz-se um estudo teórico baseado em simulações numéricas da transferência de calor por convecção, bidimensional e estacionária, utilizando o Método dos Volumes Finitos, com o objetivo de determinar a distribuição de temperatura para diferentes valores do número de Peclet, que é um parâmetro adimensional definido como a razão entre os termos advectivos e difusivos da equação que rege o problema.

## 2. TRANSFERÊNCIA DE CALOR BIDIMENSIONAL E ESTACIONÁRIA

O problema da transferência de calor bidimensional, estacionário, sem geração interna de calor e com um campo de velocidades conhecido, tal qual o representado na Fig. 1, é governado pela equação (Versteeg e Malalasekera, 2007)

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u T) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v T) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\Gamma \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\Gamma \frac{\partial T}{\partial y}\right) + S \tag{1}$$

onde $u$ e $v$ são as componentes da velocidade nas direções $x$ e $y$, respectivamente, $T$ é a temperatura, $\rho$ é a massa específica, $\Gamma$ é o coeficiente de difusão e $S$ é o termo fonte.

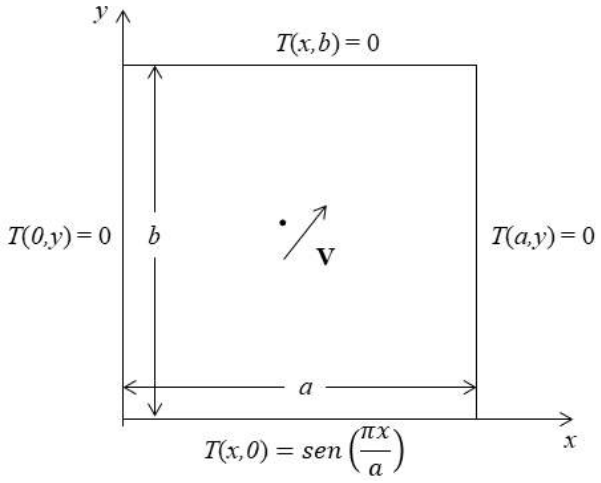



Figura 1. Ilustração do problema físico.

Considera-se aqui, para fim de delimitação, apenas a os valores $a = b = 1m$. Outros valores da razão $a/b \neq 1$ também poderiam ter sido considerados, porém preferiu-se deixar essa análise para trabalhos futuros. Além disso, toma-se inicialmente o campo de velocidades $u = v = 1\mathrm{m/s}$.

## 3. DISCRETIZAÇÃO PELO MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS (MVF)

Pelo Método dos Volumes Finitos (Patankar, 1980), o domínio de cálculo é dividido em volumes de controle, conforme ilustrado na Fig. 2, onde os volumes são, por conveniência, igualmente espaçados, e a equação governante – Eq. (1) – é integrada para cada ponto central $P$ do volume de controle, em $x$, das faces $w$ a $e$, e em $y$, das faces $s$ a $n$.

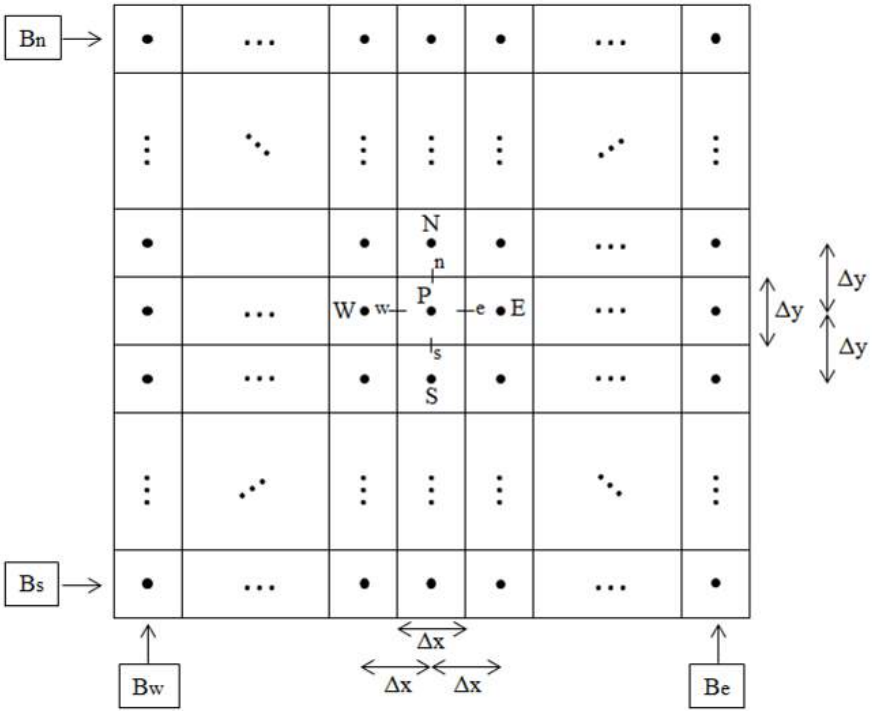



Figura 2. Discretização do domínio bidimensional pelo Método dos Volumes Finitos.

Dessa integração, resulta a necessidade de avaliar as derivadas e as variáveis nas faces de cada volume, com base em seus valores já conhecidos nos pontos vizinhos $W$, $E$, $S$ e $N$. Para fazer isso, muitas são as funções de interpolação

disponíveis na literatura, sendo possivelmente a mais conhecida o esquema de Diferenças Centrais. Nesse trabalho, porém, emprega-se o esquema WUDS – *Weighted Upstream Differencing Scheme*, de Maliska (2004), que associa dois coeficientes $\alpha$ e $\beta$, dependentes do número de Peclet, *Pe*, que servem como pesos entre a advecção e a difusão. Assim, a forma discretizada da Eq. (1) para os volumes internos da malha pode ser escrita como

$$a_p T_P = a_w T_W + a_e T_E + a_s T_S + a_n T_N + S_u \tag{2}$$

onde

$$\begin{aligned} a_w &= F_w\left(\alpha_w + \frac{1}{2}\right) + D_w\beta_w \\ a_e &= F_e\left(\alpha_e - \frac{1}{2}\right) + D_e\beta_e \\ a_s &= F_s\left(\alpha_s + \frac{1}{2}\right) + D_s\beta_s \\ a_n &= F_n\left(\alpha_n - \frac{1}{2}\right) + D_n\beta_n \\ a_p &= a_w + a_e + a_s + a_n + (F_e - F_w) + (F_n - F_s) - S_p \end{aligned} \tag{3}$$

onde $S_u = S_p = 0$ e

$$\begin{aligned} F_w &= (\rho u)_w \Delta y \quad ; \quad D_w = \frac{\Gamma_w \Delta y}{\Delta x} \\ F_e &= (\rho u)_e \Delta y \quad ; \quad D_e = \frac{\Gamma_e \Delta y}{\Delta x} \\ F_s &= (\rho v)_s \Delta x \quad ; \quad D_s = \frac{\Gamma_s \Delta x}{\Delta y} \\ F_n &= (\rho v)_n \Delta x \quad ; \quad D_n = \frac{\Gamma_n \Delta x}{\Delta y} \end{aligned} \tag{4}$$

Os valores de $\alpha$ e $\beta$ na Eq. (3) são dados por

$$\alpha = \frac{Pe^2}{10 + 2Pe^2} \quad ; \quad \beta = \frac{1 + 0{,}005Pe^2}{1 + 0{,}05Pe^2} \tag{5}$$

onde o número de Peclet, $Pe = F/D$, dependendo do ponto da malha, é baseado em $\Delta x$ ou em $\Delta y$.

Nos volumes de fronteira, como as condições de contorno são de Dirichlet (variável prescrita), tem-se $a_w = 0$ na fronteira $B_w$, $a_e = 0$ na fronteira $B_e$, $a_s = 0$ na fronteira $B_s$ e $a_n = 0$ na fronteira $B_n$. Além disso, tem-se:

- Na fronteira $B_w$:

$$\begin{aligned} S_u &= \left[F_w\left(\alpha_w + \frac{1}{2}\right) + D_w\beta_w\right] T(0, y) \\ S_p &= -\left[F_w\left(\alpha_w + \frac{1}{2}\right) + D_w\beta_w\right] \end{aligned} \tag{6}$$

- Na fronteira $B_e$:

$$\begin{aligned} S_u &= \left[F_e\left(\alpha_e - \frac{1}{2}\right) + D_e\beta_e\right] T(a, y) \\ S_p &= -\left[F_e\left(\alpha_e - \frac{1}{2}\right) + D_e\beta_e\right] \end{aligned} \tag{7}$$

- Na fronteira $B_s$:

$$S_u = \left[F_s\left(\alpha_s + \frac{1}{2}\right) + D_s\beta_s\right]T(x,0)$$
$$S_p = -\left[F_s\left(\alpha_s + \frac{1}{2}\right) + D_s\beta_s\right] \tag{8}$$

- Na fronteira $B_n$:

$$S_u = \left[F_n\left(\alpha_n - \frac{1}{2}\right) + D_n\beta_n\right]T(x,b)$$
$$S_p = -\left[F_n\left(\alpha_n - \frac{1}{2}\right) + D_n\beta_n\right] \tag{9}$$

Assim, como resultado do processo de discretização da Eq. (1) tem-se um sistema de equações algébricas a ser resolvido, o que nesse trabalho é feito utilizando-se o método iterativo de Gauss-Seidel (Ruggiero e Lopes, 1997), sendo todo o processo implementado em FORTRAN.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o caso em que $u = v = 0$ na Eq. (1), tem-se um problema bidimensional de condução, cuja solução analítica é dada por (Maliska, 2004)

$$T(x,y) = \frac{senh\left(\frac{\pi y}{a}\right)}{senh\left(\frac{\pi b}{a}\right)} sen\left(\frac{\pi x}{a}\right) \tag{10}$$

Inicialmente, para a verificação do código computacional, são apresentados na Fig. 3 os resultados obtidos para esse problema. Nela, pode-se observar que os resultados numéricos obtidos via simulação são praticamente idênticos aos analíticos dados pela Eq. (10), tendo-se, portanto, validado o código computacional. Destacam-se ainda os perfis de temperatura constatados, onde os maiores valores de $T$ observados estão sempre em torno de $x = 0{,}5$ e vão decaindo na medida em que $x \to 0$ ou $x \to 1$. É notório também que as temperaturas mais altas são observadas quando $y \to 0$ e as mais baixas quando $y \to 1$.

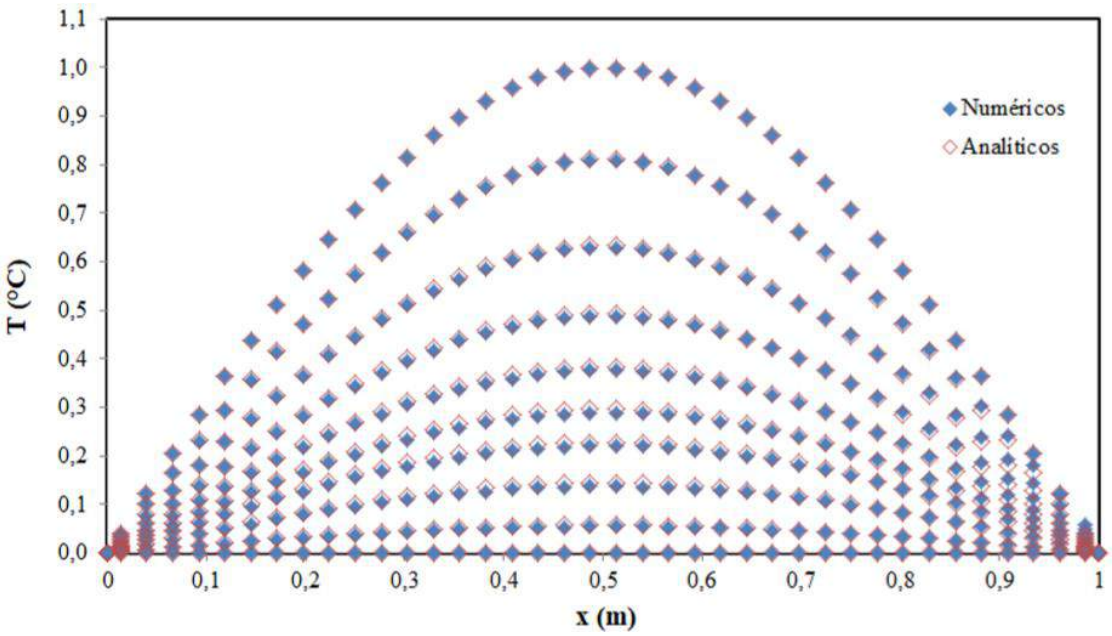



Figura 3. Comparação entre os resultados analíticos e numéricos para diferentes valores de $y$.

Para os casos em que $u$ e $v$ são diferentes de zero, tem-se a princípio a advecção e a difusão como importantes para o processo de transferência de calor. É claro que, dependendo do número de Peclet, pode ocorrer uma maior influência da difusão ou da advecção nesse processo. Como se pode observar na Fig. 4, quando $Pe \rightarrow 0$ tem-se uma situação de pura difusão (condução) tal qual a verificada quando $u = v = 0$. Por outro lado, quando $Pe = 10^{-1}$ e $Pe = 1$ tem-se advecção e difusão agindo. No primeiro caso, com a difusão desempenhando um papel maior no processo e, no segundo, com a advecção e a difusão desempenhando papéis de igual importância. Finalmente, quando $Pe \rightarrow \infty$ tem-se uma situação onde a transferência de calor se dá apenas por forçantes advectivos.

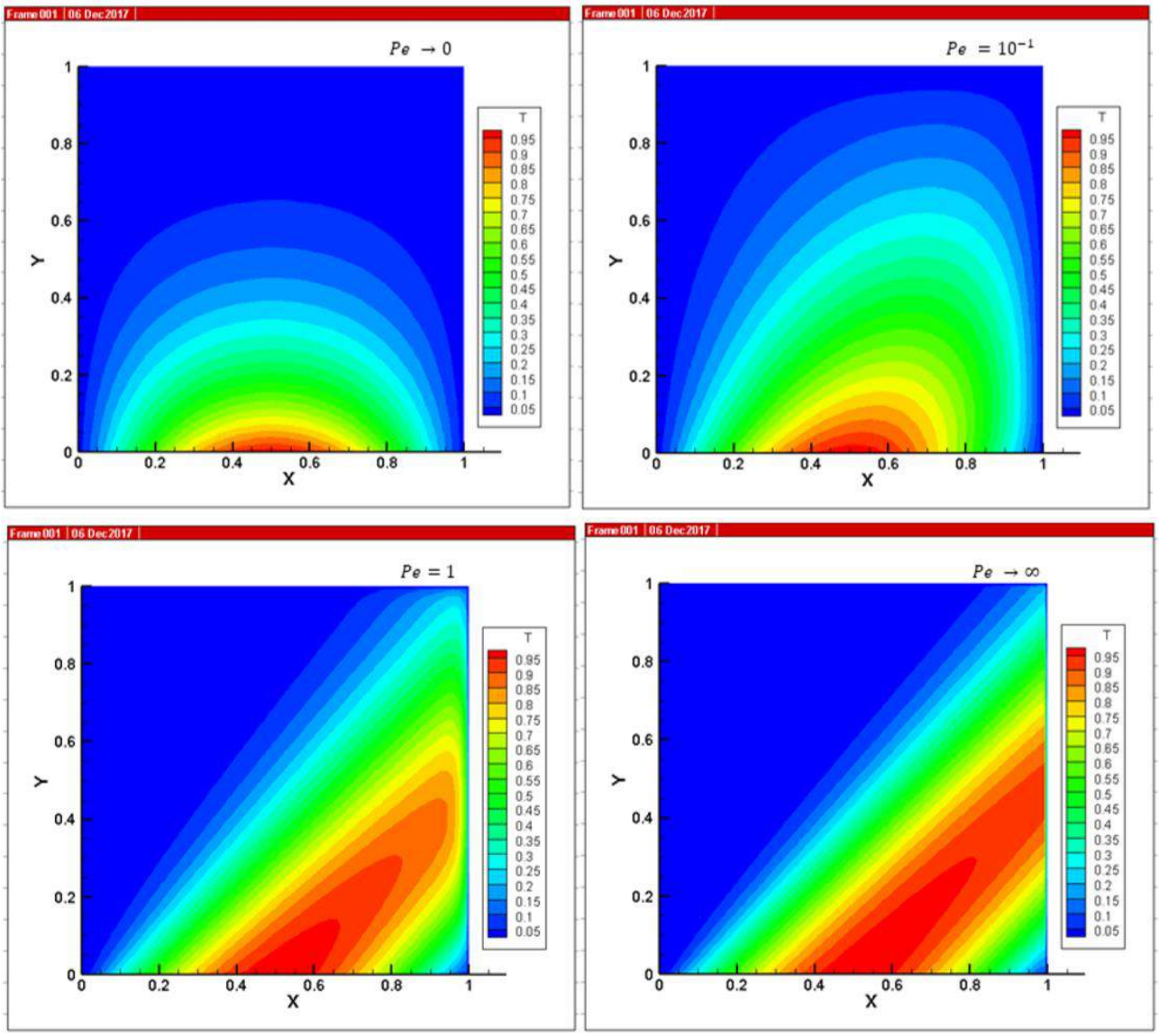



Figura 4. Campos de temperatura, $T$ (ºC), para diferentes valores do número de Peclet, $Pe$.

Na medida em que o número de Peclet cresce, a partir do limite quando $Pe \rightarrow 0$, observa-se que o perfil simétrico característico do problema de pura difusão vai se deformando, inclinando-se para a direita, pois a transferência de calor vai sendo cada vez mais influenciada pelas componentes da velocidade ($u$ e $v$), até o ponto em que a advecção é tão maior, em magnitude, do que a difusão, que os efeitos difusivos acabam sendo desprezíveis (no limite quando $Pe \rightarrow \infty$).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram apresentados os resultados obtidos em simulações numéricas, bidimensionais e estacionárias, da transferência de calor por convecção, realizadas utilizando o Método dos Volumes Finitos implementado em FORTRAN, com o objetivo de determinar os campos de temperatura para diferentes valores do número de Peclet.

Verificou-se que quando $Pe \rightarrow 0$ tem-se um problema puramente difusivo (transferência de calor por condução), com um perfil de temperatura simétrico e que na medida em que o numero de Peclet cresce, a advecção passa a desempenhar um papel de maior importância no processo de transferência de calor, modificando o campo de temperaturas (inclinando-o para a direita no sentido dos vetores $u$ e $v$ do campo de velocidades) até o limite quando $Pe \rightarrow \infty$, situação em que os efeitos advectivos tornam-se muito muito maiores do que os difusivos, fazendo com que se tenha um problema totalmente dominado pela advecção.

Como perspectiva de continuidade dessa pesquisa, pode-se fazer um estudo transiente do problema, visando determinar a variação temporal do campo de temperaturas até atingir o regime permanente. Além disso, podem-se considerar gerações internas de calor, campos de velocidade variáveis (o que implicaria na necessidade de resolver outras duas equações adicionais – Navier-Stokes) ou ainda coeficientes de difusão não constantes.

## 6. REFERÊNCIAS

Ahsan, M. and Hussain, A., 2016. "*Computational fluid dynamics (CFD) modeling of heat transfer in a polymeric membrane using finite volume method*", *Journal of Thermal Science*, vol. 25, pp. 564-570.

Angirasa, D., 2002. "*Forced convective heat transfer in metallic fibrous materials". International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 124, pp.739–745.

Gangapatnam, P., Kurian, R. and Venkateshan, S.P., 2018. "*Numerical simulation of heat transfer in metal foams". International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 54, pp. 553-562.

Jiang, P.X. and Ren, Z.P., 2001. "*Numerical investigation of forced convective heat transfer in porous media using a thermal non-equilibrium model*". *International Journal of Heat and Fluid Flow*, Vol. 22, pp. 102–110.

Maliska, C R., 2004. *Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional*. LTC, Rio de Janeiro. 2.ed.

Patankar, S.V., 1980. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Hemisphere Publishing Corporation, New York.

Quian, L., Feng, X. and Y. He, Y., 2012. "*The characteristic finite difference streamline diffusion method for convection-dominated diffusion problem*", *Applied Mathematical Modeling*, vol. 36, pp. 561-572.

Ruggiero, M.A.G., Lopes, V.L.R. 1997. *Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais*. Pearson, São Paulo.

Versteeg, H.K. and Malalasekera, W., 2007. *An introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*. Pearson, London. 2.ed.

Wunder, F., Enders, S. and Semiat, R., 2017. "*Numerical simulation of heat transfer in a horizontal falling film evaporator of multiple-effect distillation*", *Desalination*, Vol. 401, pp. 206-229.

Zhao, C.Y., Lu, T.J. and Hodson, H.P., 2006. "*Natural convection in metal foams with open cells". International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.* 48, pp. 2452–2463.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE DIFERENÇAS FINITAS E VOLUMES FINITOS NA SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DA CONDUÇÃO DE CALOR UNIDIMENSIONAL

**Jaque Willian Scotton**
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil
jaquewillian@gmail.com

**Eliezer José Balbinot**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Erechim, RS, Brasil.
eliezer.balbinot@hotmail.com

***Resumo.*** *O presente trabalho apresenta um estudo comparativo entre os métodos de Diferenças Finitas e Volumes Finitos na solução numérica da equação da condução unidimensional, com geração uniforme de calor e em regime permanente. Esse estudo se justifica pela grande utilização de ambos os métodos na solução de problemas de mecânica dos fluidos e de transferência de calor que está reportada na literatura, de modo que o principal objetivo desse trabalho está no fornecimento de recomendações teóricas acerca da utilização desses métodos em estudos de problemas envolvendo fenômenos de transporte. Foram analisadas os técnicas de discretização e os procedimentos de aplicação das condições de contorno em ambos os métodos, implementando as equações em suas formas discretas em FORTRAN, tendo-se verificado que os resultados obtidos tanto por Diferenças Finitas quanto por Volumes Finitos apresentaram boa precisão quando confrontados com os resultados analíticos do problema estudado.*

***Palavras-chave:*** *Simulação Numérica, Volumes Finitos, Diferenças Finitas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os métodos disponíveis para resolver problemas de mecânica dos fluidos e transferência de calor dividem-se essencialmente em duas classes: experimentais e teóricos. A primeira caracteriza-se pelo desenvolvimento de experimentos de campo ou em laboratório. A segunda pela modelagem do problema real através de equações que descrevem os fenômenos em estudo e suas respectivas soluções, analíticas ou numéricas (Maliska, 2004).

Nesse trabalho o problema da condução unidimensional, estacionário, com geração uniforme de calor é resolvido numericamente utilizando os métodos de Diferenças Finitas e Volumes Finitos. O principal objetivo do estudo é comparar os resultados obtidos por ambos os métodos, verificando as particularidades das discretizações da equação que modela o problema em cada um dos casos. Destaca-se que a relevância deste trabalho está no fato de que ambos os métodos são amplamente empregados em estudos de problemas relacionados a fenômenos de transporte (Shukla et al., 2011; Dunming et al., 2011; Quian et al., 2012; Ahsan e Hussain, 2016; Scotton et al., 2017;), de tal modo que a análise de suas particularidades é importante para fornecer recomendações teóricas acerca de suas utilizações.

## 2. CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL COM GERAÇÃO DE CALOR

O problema unidimensional e estacionário de condução com geração de calor, conforme Maliska (2004), para o caso em que a condutividade térmica $k$ é constante, é governado pela equação

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{q''}{k} = 0 \tag{1}$$

onde $T$ é a temperatura, $x$ é a variável independente e $q''$ e o fluxo de calor.

Esse problema pode ser entendido como a condução de calor em uma barra de comprimento $L$ (que aqui se considera igual a 1m), onde há geração uniforme de calor e em que se objetiva verificar a distribuição de temperatura

nessa barra em regime permanente, isto é, quando se tem interesse apenas no perfil plenamente desenvolvido que ocorre quando a temperatura não varia mais com o tempo. A Fig. 1 ilustra o problema.

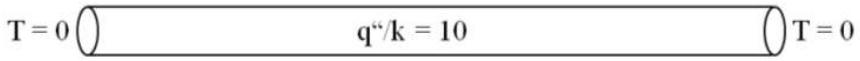



Figura 1. Condução de calor em uma barra de comprimento L = 1m.

Observando a Eq. (1) fica clara a necessidade de duas condições de contorno. Neste trabalho são aplicadas as condições de Dirichlet T(0) = T(L) = 0. Para o fechamento do problema considera-se ainda $q''/k$ = 10K/m².

## 3. DISCRETIZAÇÃO PELO MÉTODO DE DIFERENÇAS FINITAS (MDF)

Considere três pontos, por conveniência, igualmente espaçados, conforme ilustrado na Fig. 2.

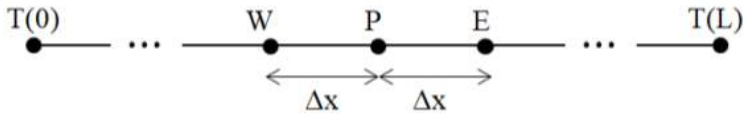



Figura 2. Discretização pelo Método de Diferenças Finitas.

Pelo Método de Diferenças Finitas (Ferziger e Peric, 2002), a derivada de segunda ordem da Eq. (1) é aproximada através da expansão da função *T* em série de Taylor nos pontos W e E em torno de P na Fig. 2, de tal modo que

$$\left.\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\right|_P = \frac{T_E + T_W - 2T_P}{(\Delta x)^2} + o(\Delta x)^2 \tag{2}$$

onde $o(\Delta x)^2$ é a ordem do erro de truncamento da série de Taylor.

Substituindo a Eq. (2) na Eq. (1) e reorganizando os termos, chega-se à forma discretizada da Eq. (1) que pode ser escrita como

$$a_P T_P = a_w T_W + a_e T_E + S_u \tag{3}$$

onde $a_p = a_w + a_e$ e os demais coeficientes são definidos conforme a Tab. 1.

Tabela 1. Coeficientes oriundos da discretização pelo Método de Volumes Finitos.

| **Local da malha** | **Coeficientes** | | |
|---|---|---|---|
| | $\mathbf{a_w}$ | $\mathbf{a_e}$ | $\mathbf{S_u}$ |
| Pontos internos | $\frac{1}{(\Delta x)^2}$ | $\frac{1}{(\Delta x)^2}$ | $\frac{q''}{k}$ |

É evidente que com essa metodologia tem-se, em vez de uma equação diferencial, um sistema de equações algébricas (uma para cada ponto interno da malha) a ser resolvido.

## 4. DISCRETIZAÇÃO PELO MÉTODO DE VOLUMES FINITOS (MVF)

Pelo Método de Volumes Finitos (Patankar, 1980) não se tem pontos na discretização, mas volumes de controle, como se pode observar na Fig. 3, onde os volumes são, por conveniência, igualmente espaçados.

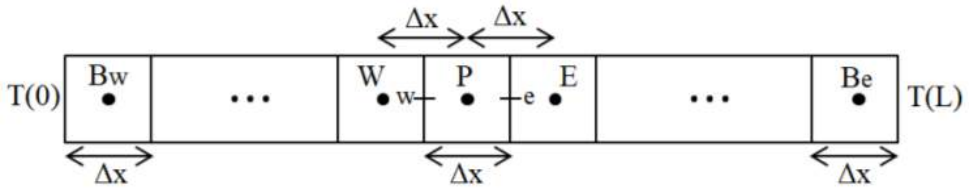



Figura 3. Discretização pelo Método de Volumes Finitos.

Diferentemente do Método de Diferenças Finitas, agora a Eq. (1) é integrada sobre cada um dos volumes de controle centrados em *P*, das faces *w* a *e*, de tal modo que

$$\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_e - \left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_w + \frac{q''}{k}\Delta x = 0 \tag{4}$$

Utilizando o esquema de diferenças centrais para avaliar as derivadas presentes na Eq. (4) nas faces *w* e *e* dos volumes de controle, chega-se a

$$\frac{T_E - T_P}{\Delta x} - \frac{T_P - T_W}{\Delta x} + \frac{q''}{k}\Delta x = 0 \tag{5}$$

É preciso integrar a Eq. (1) para os volumes de fronteira, centrados em $B_w$ e $B_e$ na Fig. 3 separadamente, uma vez que as condições de contorno devem ser incluídas no sistema através das equações discretizadas para esses volumes. Para a malha apresentada na Fig. 3, a forma discretizada da Eq. (1) pelo Método de Volumes Finitos pode ser escrita como

$$a_P T_P = a_w T_W + a_e T_E + S_u \tag{6}$$

onde $a_p = a_w + a_e - S_P$ e os demais coeficientes são definidos conforme a Tab. 2.

Tabela 2. Coeficientes oriundos da discretização pelo Método de Volumes Finitos.

| **Local da malha** | **Coeficientes** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $\mathbf{a_w}$ | $\mathbf{a_e}$ | $\mathbf{S_u}$ | $\mathbf{S_p}$ |
| Contorno $B_w$ | 0 | $\frac{1}{(\Delta x)^2}$ | $\frac{q''}{k} + \left[\frac{2}{(\Delta x)^2}\right] T(0)$ | $-\frac{2}{(\Delta x)^2}$ |
| Pontos internos | $\frac{1}{(\Delta x)^2}$ | $\frac{1}{(\Delta x)^2}$ | $\frac{q''}{k}$ | 0 |
| Contorno $B_e$ | $\frac{1}{(\Delta x)^2}$ | 0 | $\frac{q''}{k} + \left[\frac{2}{(\Delta x)^2}\right] T(L)$ | $-\frac{2}{(\Delta x)^2}$ |

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente são apresentados os resultados analíticos, obtidos através da dupla integração da Eq. (1), e os numéricos, obtidos utilizando malhas grosseiras, com 4 pontos na solução pelo Método de Diferenças Finitas e com 5 volumes na solução pelo Método de Volumes Finitos, cujas equações discretizadas foram implementas em FORTRAN, tendo-se utilizado o método iterativo de Gauss-Seidel (Ruggiero e Lopes, 1997) para resolver os sistemas de equações algébricas resultantes. Destaca-se que não foram empregados fatores de relaxação. Os resultados obtidos estão apresentados na Tab. 3.

Tabela 3. Resultados analíticos e numéricos.

| x (m) | Temperatura (°C) | | |
|---|---|---|---|
| | **Analíticos** | **Diferenças Finitas** | **Volumes Finitos** |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | 0,45 | - | 0,50 |
| 0,2 | 0,80 | 0,80 | - |
| 0,3 | 1,05 | - | 1,10 |
| 0,4 | 1,20 | 1,20 | - |
| 0,5 | 1,25 | - | 1,30 |
| 0,6 | 1,20 | 1,20 | - |
| 0,7 | 1,05 | - | 1,10 |
| 0,8 | 0,80 | 0,80 | - |
| 0,9 | 0,45 | - | 0,50 |
| 1 | 0,00 | 0 | 0 |

Pode-se observar na Tab. 3 que, embora com poucos pontos na malha, a solução pelo Método de Diferenças Finitas é idêntica à exata, enquanto a solução pelo Método de Volumes Finitos, embora com um elemento a mais na malha, apresenta erros em relação aos resultados analíticos. Essa imprecisão pode ser explicada pela forma como as condições de contorno foram aplicadas quando da utilização do MVF. A integração da Eq. (1) nos volumes de fronteira faz com que sejam necessárias as avaliações das derivadas exatamente nos contornos, algo que não se conhece uma vez que se têm condições de contorno de Dirichlet. Esses fluxos precisam ser então aproximados com base nos valores conhecidos das variáveis nos contornos, o que acrescenta erros na solução do problema.

Uma formulação diferente para os contornos, com meios volumes conforme ilustrado na Fig. 4, seria capaz de corrigir esse problema.

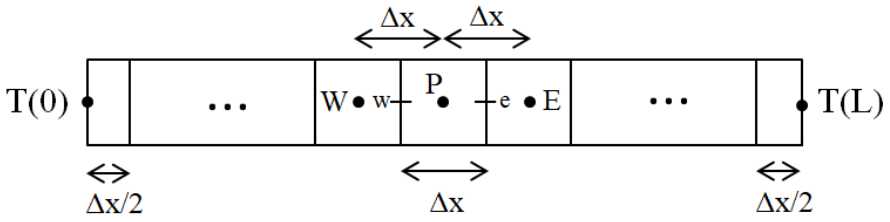



Figura 4. Discretização pelo Método dos Volumes Finitos com meios volumes nas fronteiras.

De fato, empregando esse tipo de discretização, uma vez que se têm condições de contorno de Dirichlet, não há a necessidade de se obterem equações para os volumes de fronteira. Assim, a integração da Eq. (1) nos volumes internos da malha, resulta exatamente no sistema obtido na discretização por Diferenças Finitas, isto é, onde a equação para cada ponto da malha é dada por

$$a_P T_P = a_w T_W + a_e T_E + S_u \tag{7}$$

onde $a_w = 1/(\Delta x)^2$, $a_e = 1/(\Delta x)^2$, $a_p = a_w + a_e$ e $S_u = q''/k = 10$.

No entanto, conforme destaca Maliska (2004), esse procedimento não é recomendável uma vez que os balanços de conservação não seriam satisfeitos nos volumes de fronteira (meios volumes), o que em geral não é desejável. Uma alternativa a isso é refinar a malha, o que faz com que se obtenham resultados mais precisos (Versteeg e Malalasekera, 2007). Foi esse o procedimento empregado nesse trabalho. Assim, a Fig. 5 apresenta os resultados obtidos empregando malhas mais refinadas, com 100 elementos em ambos os métodos. Nela verifica-se que a solução pelo MDF continua exata e a solução pelo MVF apresenta uma precisão muito maior em relação à malha anterior, com erro absoluto da ordem de $10^{-4}$.

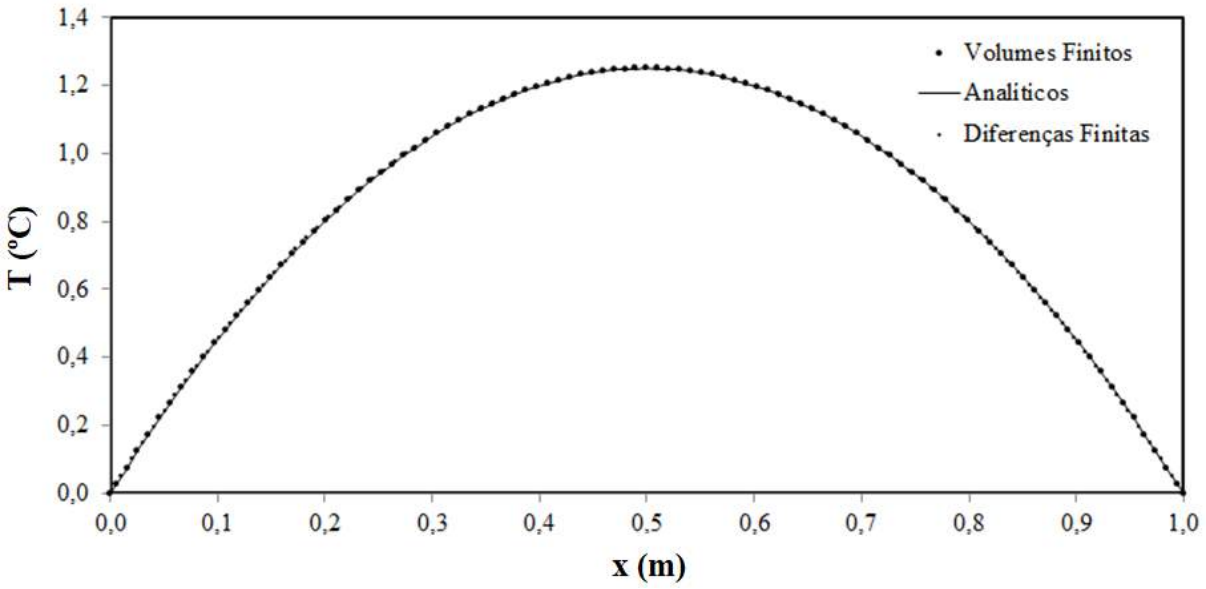



Figura 5. Comparação entre os resultados analíticos e numéricos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho fez-se um estudo comparativo entre os Métodos de Diferenças Finitas e Volumes Finitos na solução da equação da condução unidimensional e estacionária, considerando um problema de pura difusão com geração uniforme de calor. Verificou-se que mesmo para malhas grosseiras o MDF forneceu resultados idênticos à solução exata enquanto os resultados obtidos via MVF apresentaram certa discrepância em relação à solução analítica. Destaca-se que a justificativa para tal fato está na forma como a equação governante é integrada nos volumes de fronteira, que faz com que as condições de contorno de Neumann (fluxo prescrito) sejam diretamente aplicáveis (podendo ser chamadas de condições de contorno naturais no MVF), enquanto as condições de contorno de Dirichlet (variável prescrita) não podem ser aplicadas diretamente, mas apenas utilizadas para aproximar os valores dos fluxos nos contornos. É importante salientar, porém, que as diferenças entre a solução analítica e os resultados numéricos obtidos pelo MVF foram diminuindo conforme a malha foi sendo refinada.

É também digno de menção o fato de que soluções numéricas exatas só são possíveis em problemas simples, de tal modo que em geral o que se buscam são soluções dentro de certa margem de erro, o que faz com que ambos os métodos se equiparem neste quesito. Além disso, não se pode desprezar a robustez do MVF, que é conservativo em nível de volumes elementares (Maliska, 2004) e que, portanto, tem uma fundamentação física maior que o MDF no estudo de problemas de mecânica dos fluidos e de transferência de calor.

## 7. REFERÊNCIAS

Ahsan, M. and Hussain, A., 2016. "*Computational fluid dynamics (CFD) modeling of heat transfer in a polymeric membrane using finite volume method*", *Journal of Thermal Science*, vol. 25, pp. 564-570.

Dunming, L., Bin, Z. and Jianxin, Z., 2011. *"*Using finite difference method to simulate casting thermal stress*"*, vol. 8, pp. 177-181.

Ferziger, J.H. and Peric, M., 2002. *Computational Methods for Fluid Dynamics.* Springer, Berlin. 3.ed.rev.

Maliska, C R., 2004. *Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional*. LTC, Rio de Janeiro. 2.ed.

Patankar, S.V., 1980. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Hemisphere Publishing Corporation, New York.

Quian, L., Feng, X. and Y. He, Y., 2012. "*The characteristic finite difference streamline diffusion method for convection-dominated diffusion problem"*, *Applied Mathematical Modeling*, vol. 36, pp. 561-572.

Ruggiero, M.A.G. e Lopes, V.L.R. 1997. *Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais*. Pearson, São Paulo.

Scotton, J.W., Becker, Z., Savicki, D.L. e Goulart, A.G.O., 2017. *"Mathematical Modeling and Numerical Simulation of Atmospheric Pollutant Dispersion"*, *Defect and Diffusion Forum*, vol. 372, pp. 180-187.

Shukla, A., Singh, A.K. and Singh, P., 2011. "*A Comparative Study of Finite Volume Method and Finite Difference Method for Convection-Diffusion Problem*", *Am. J. of Comput. and Applied Mathematics*, vol. 1, pp. 67-73.

Versteeg, H.K. and Malalasekera, W., 2007. *An introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*. Pearson, London. 2.ed.

## 8. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROJETO DE SUSPENSÃO DUPLO A DE VEÍCULO BAJA SAE COM ENFOQUE NA DINÂMICA LATERAL

**Matheus Giongo Pavan**
**Márcio Walber**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS: 99052-900
matheusgpavan@gmail.com; mwalber@upf.br

***Resumo.*** *Os sistemas de suspensão foram adotados em veículos com o propósito de maximizar a aderência dos pneus com o solo, proporcionar estabilidade direcional em curvas e retas e assegurar o conforto dos passageiros. O Projeto Baja é uma atividade extra-curricular que desafia os acadêmicos dos cursos de engenharia a projetar, fabricar e testar um veículo off-road, seguindo as normas da SAE Brasil. O presente artigo tem o objetivo de projetar um novo sistema de suspensão, dianteira e traseira, para o veículo Baja SAE, baseado nos princípios da dinâmica veicular, com enfoque na dinâmica lateral. Foi estudado como os sistemas de suspensão funcionam, bem como os parâmetros que influenciam o comportamento dinâmico em curvas. Analisou-se a distribuição da transferência de carga lateral e a dinâmica lateral do protótipo MBT16 através do software CarSim interpretando o gráfico da taxa de yaw. Identificou-se que o veículo está com um comportamento understeer e propôs-se pequenas mudanças para reduzir o escorregamento dos pneus dianteiros. Remodelou-se no CarSim o novo protótipo com essas alterações que resultaram em uma diminuição da distância percorrida em curva de 1,1 metros sob mesma velocidade longitudinal. Com isso, desenhou-se a nova suspensão do protótipo MBT18.*

***Palavras Chave:*** *suspensão veicular; dinâmica veicular; dinâmica lateral; projeto de suspensão; Baja SAE.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço dos motores a combustão, os veículos adquiriram a capacidade de chegar em altas velocidade e, com isso, o estudo das suspensões tornaram-se uma preocupação de engenharia. Em veículos do tipo Baja SAE é de extrema importância que este possua um comportamento dinâmico *oversteer*, para que execute os obstáculos com maior competitividade. Em um veículo, as perturbações de forças que são aplicadas ao mesmo são transmitidas no contato pneu-solo. Para Gillespie (1992), os pneus possuem três funções básicas: suportar os carregamentos verticais, gerar forças longitudinais para aceleração e frenagem e gerar força lateral para fazer curvas.

Para Milliken (1995) se o pneu for defletido lateralmente enquanto rola, ele irá tomar uma trajetória desviada por um ângulo α da direção em que a roda está apontando, chamado ângulo de deriva. Esta deflexão dá origem a uma força lateral que pode ser entendida como a capacidade do pneu resistir ao deslizamento lateral quando faz uma curva. Assim surge uma relação entre força lateral, força normal e ângulo de deriva para cada pneu, que determina como o veículo irá se comportar dinamicamente sob aceleração lateral.

Nicolazzi (2008) diz que ao analisar-se um gráfico genérico da força lateral em função do carregamento normal para um ângulo de deriva qualquer, observado na Fig. 1, percebe-se que com o aumento do carregamento normal há um aumento da força lateral, mas não proporcionalmente. Durante uma curva, onde existe transferência de carga lateral devido a força centrífuga, para uma variação de carregamento normal $\Delta Q$ no eixo (dianteiro e/ou traseiro), o pneu externo a curva terá o carregamento $Q + \Delta Q$ e o interno $Q - \Delta Q$. Assim o pneu externo terá a carga lateral $S + \Delta S_1$ e o interno $S - \Delta S_2$. Observa-se na Fig.1 que $\Delta S_1 < \Delta S_2$. A força lateral gerada pelos pneus não é proporcional a quantidade de carga normal transferida, resultando em uma menor capacidade de gerar força lateral naquele eixo.

Segundo Puhn (1976) as forças laterais geradas pelos pneus para resistir a força centrífuga também geram ângulo de deriva no mesmo. Como essas forças não são necessariamente iguais, as derivas podem ser diferentes para cada pneu. A magnitude dos ângulos de deriva definem três comportamentos para o veículo: *understeer*, *oversteer* e *neutralsteer*. Quando os ângulos de deriva são maiores dos pneus traseiros ocorre o *oversteer*. Nessa condição o veículo irá girar para dentro da curva, necessitando que o piloto faça um contra esterço para manter a trajetória. Esta é uma característica encontrada em veículos de competição pois permite o piloto contornar a curva mais rápido sob uma condição reversível.

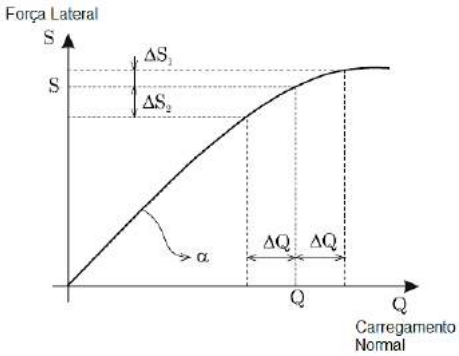



Figura 1 – Variação da força lateral de um pneu em função do carregamento normal para um ângulo de deriva qualquer, apresentada por Nicolazzi (2008)

Segundo Smith (1978) quando um veículo está em situação de curva, uma força centrífuga começa a atuar no seu CG sendo resistida por forças laterais desenvolvidas pelos pneus. Com isso, surge um momento de forças que transfere parte do carregamento normal da roda interna a curva para a roda externa a curva. Analisar como está a distribuição da transferência de carga lateral total do veículo permite alterar seu comportamento dinâmico, aumentando ou reduzindo a capacidade dos eixos de gerarem força lateral.

Tal análise é feita através do conhecimento dos parâmetros de uma suspensão, posição e magnitude do CG e distância entre eixos. Para o cálculo da transferência de carga pode-se utilizar as equações simplificadas apresentadas por Milliken (1995). Estas quantificam a transferência de carga normal em um eixo em função da aceleração lateral que atua no CG do veículo. A Eq. 1 refere-se ao eixo dianteiro e a Eq. 2 ao eixo traseiro.

$$\frac{\Delta W_F}{A_y} = \frac{W}{t_F}\left(\frac{H \cdot K_F}{K_F + K_R} + z_{RF}\frac{b}{l}\right) \tag{1}$$

$$\frac{\Delta W_R}{A_y} = \frac{W}{t_R}\left(\frac{H \cdot K_R}{K_F + K_R} + z_{RR}\frac{a}{l}\right) \tag{2}$$

Onde:
$\Delta W_F; \Delta W_R$ = Transferência de carga no eixo dianteiro e traseiro, respectivamente (N)
$W$ = Peso total do veículo (N)
$A_y$ = Aceleração lateral (G)
$t_F$ = Bitola do eixo dianteiro (m)
$t_R$ = Bitola do eixo traseiro (m)
$K_F$ = Rigidez a rolagem do eixo dianteiro (Nm/rad)
$K_R$ = Rigidez a rolagem do eixo traseiro (Nm/rad)
$l$ = Entre eixos (m)
$a$ = Distância do centro de contato do pneu dianteiro até o CG (m)
$b$ = Distância do centro de contato do pneu traseiro até o CG (m)
$z_{RF}$ = Altura do centro de rolagem dianteiro m)
$z_{RR}$ = Altura do centro de rolagem traseiro (m)

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o projeto da suspensão do protótipo MBT18 da Equipe Mas Baja Tchê da Universidade de Passo Fundo primeiro analisou-se como está o comportamento do protótipo atual MBT16 e então propôs-se pequenas mudanças nos parâmetros e geometria da suspensão buscando melhorias na dinâmica lateral para o novo protótipo. O trabalho seguiu conforme apresentado na Fig 2.

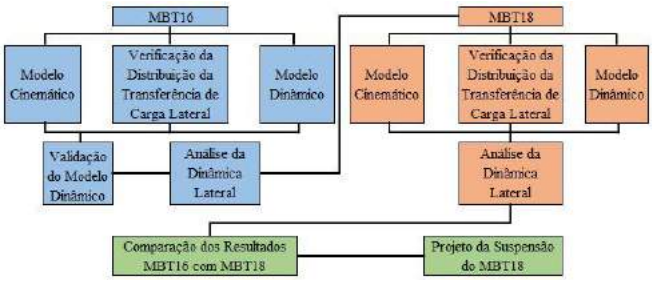



Figura 2 – Fluxograma aplicado no desenvolvimento deste artigo

### 2.1 Protótipo MBT16

Para calcular a distribuição da transferência de carga lateral levantou-se os valores das variáveis necessárias, sendo estas apresentadas na Tab. 1 e os resultados da transferência de carga nas equações a seguir.

Tabela 1 - Variáveis para cálculo da transferência de carga do MBT16

| PARÂMETROS | UNIDADE | VALOR |
|---|---|---|
| Peso Total ($W$) | N | 2486,84 |
| Bitola Dianteira ($t_F$) | m | 1,3 |
| Bitola Traseira ($t_R$) | m | 1,1 |
| Distância do CG até o eixo de rolagem ($H$) | m | 0,2096 |
| Rigidez a Rolagem Dianteira ($K_F$) | Nm/rad | 7550,09 |
| Rigidez a Rolagem Traseira ($K_R$) | Nm/rad | 8248,87 |
| Altura do CR Dianteiro ($z_{RF}$) | m | 0,168 |
| Altura do CR Traseiro ($z_{RR}$) | m | 0,297 |
| Distância do CG até o Eixo Dianteiro ($a$) | m | 0,588 |
| Distância do CG até o Eixo Traseiro ($b$) | m | 0,882 |
| Entre Eixos ($l$) | m | 1,47 |

$$\frac{\Delta W_F}{A_y} = \frac{2486{,}84}{1{,}3} \cdot \left( \frac{0{,}2096 \cdot 7550{,}09}{7550{,}09 + 8248{,}87} + 0{,}168 \frac{0{,}882}{1{,}47} \right) = 348{,}71\ N/g$$

$$\frac{\Delta W_R}{A_y} = \frac{2486{,}84}{1{,}1} \cdot \left( \frac{0{,}2096 \cdot 8248{,}87}{7550{,}09 + 8248{,}87} + 0{,}297 \frac{0{,}588}{1{,}47} \right) = 515{,}66\ N/g$$

### 2.2 Modelo Dinâmico

Modelou-se o protótipo no *software CarSim* para obter-se informações que ajudarão a compreender seu comportamento dinâmico. Estipulou-se que este deveria acelerar por 6 m e então contornar uma curva em forma de meia circunferência de raio 3,5 m, pois se esta condição se aproxima das encontradas nas competições. Também realizou-se um teste prático sob mesmas condições do teste computacional para verificar se o modelo está válido.

Instrumentou-se o MBT16 com um acelerômetro piezorresistivo com sensibilidade 400 mV/g posicionado no CG transmitindo dados a 300 hz e filtrados a 0,5 hz Bessel Low-Pass. Realizou-se 5 passagens e para definir a validade do modelo, comparou-se as acelerações laterais sendo estas apresentadas na Fig. 3.

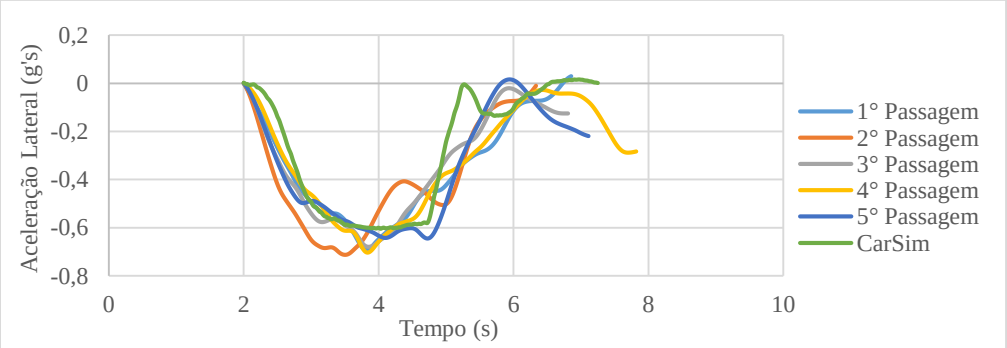



Figura 3 – Comparativo das acelerações laterais reais com as obtidas no *CarSim* para o MBT16

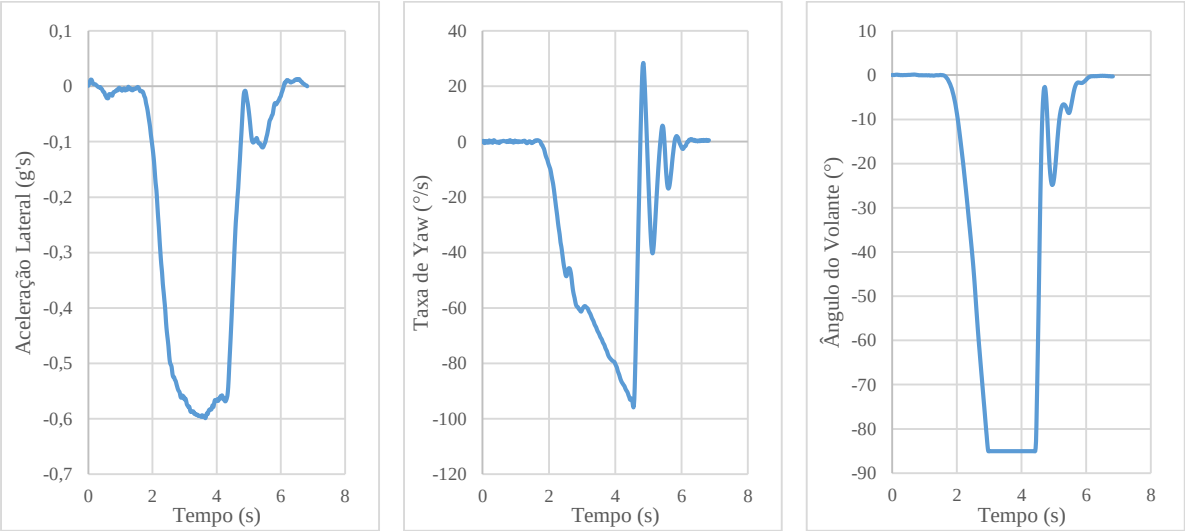
O modelo do *software CarSim* apresentou similaridades com os testes reais. As inclinações de entrada e saída de curva são próximas o que indica que a variação da velocidade longitudinal do modelo está próxima da realidade. As diferenças da curva do *software* para as curvas das passagens 2 e 4 são atribuídas às simplificações: do coeficiente de atrito, tido como constante $\mu$=0,8 e utilização das curvas força lateral x força normal dos pneus pré-definidas do *software*.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisou-se o comportamento dinâmico lateral do protótipo MBT16 interpretando a taxa de *yaw* do veículo. Propôs-se pequenas mudanças na geometria e posicionamento da suspensão, alterando a variação de camber, *toe* e rigidez a rolagem para tornar o próximo protótipo, MBT18, mais competitivo ao realizar curvas. Verificando que houve um ganho dinâmico, conclui-se o trabalho com o desenho da suspensão do MBT18.

### 3.1 Análise da Dinâmica Lateral do Protótipo MBT16

A taxa de *yaw* de um veículo indica a velocidade angular da rotação do eixo vertical do veículo. Por convenção, uma inclinação negativa da curva indica que a rotação é no sentido horário. Interpretando a inclinação da curva da Fig. 4 (b) e auxiliando-se nas variações de aceleração lateral (a) e ângulo do volante (c) é possível identificar como está o comportamento dinâmico do MBT16.




(a) Aceleração Lateral *vs*. Tempo (b) Taxa de *Yaw vs*. Tempo (c) Ângulo do Volante *vs*. Tempo

Figura 4 – Gráficos do comportamento dinâmico lateral do MBT16

O MBT16 inicia a curva próximo aos 2 s e em 3,65 s atinge a aceleração lateral máxima (a) de -0,6 g. Neste instante, metade da curva foi realizada e o veículo está começando a deixar a mesma. Ao verificar-se a taxa de *yaw* (b) para 3,65 s nota-se que ela ainda não inverteu seu sinal, e só o faz em 4,55 s. Este atraso de 0,9 s indica que a dianteira do veículo está a escorregar, caracterizando um comportamento *understeer*. Se não houvesse escorregamento dos pneus, o ângulo do volante (c) para contornar a curva seria constante em 65 °. Como o *understeer* gera um aumento do raio de curvatura, aumentou-se o ângulo de giro do volante para compensar este acréscimo.

### 3.2 Novo Protótipo: MBT18

Com o intuito de melhorar a dinâmica lateral, buscou-se no desenvolvimento do MBT18 aumentar a distribuição da transferência de carga lateral no eixo traseiro para minimizar o comportamento *understeer* do veículo. O projeto baseou-se em modificações simples, mantendo o mesmo tipo de suspensão duplo A. As principais mudanças são apresentadas na Tab. 2 sendo as rigidezes a rolagem os parâmetros que maior sofreram alterações através da alteração das rigidezes das molas e rigidez da barra anti-rolagem. Com isso, obteve-se as seguintes distribuições no eixo dianteiro e traseiro, respectivamente:

Tabela 2 - Variáveis para cálculo da transferência de carga do MBT18

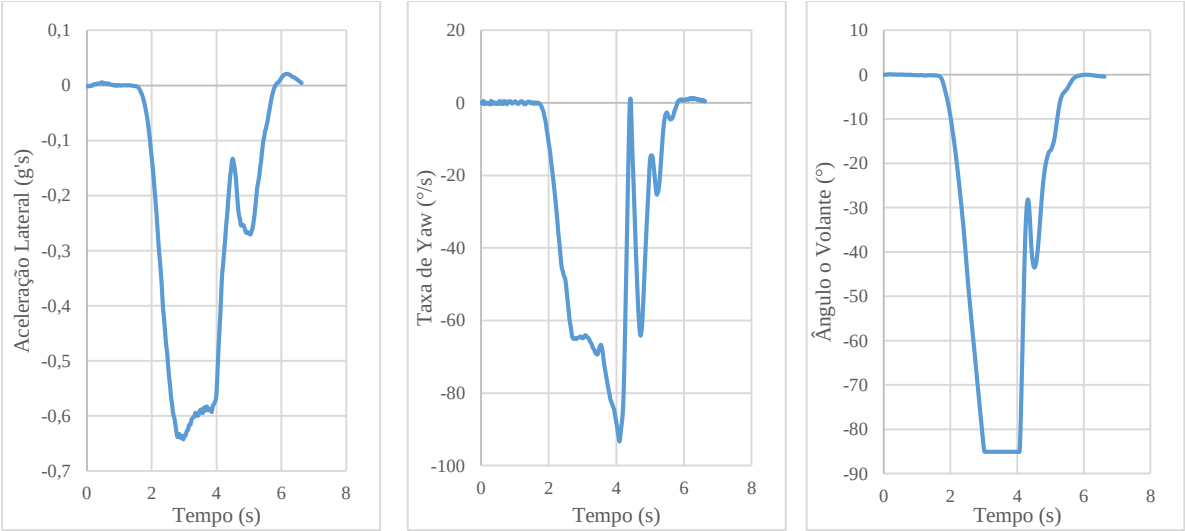
| PARÂMETROS | UNIDADE | VALOR |
|---|---|---|
| Peso Total ($W$) | N | 2486,84 |
| Bitola Dianteira ($t_F$) | m | 1,3 |
| Bitola Traseira ($t_R$) | m | 1,1 |
| Distância do CG até o eixo de rolagem ($H$) | m | 0,30 |
| Rigidez a Rolagem Dianteira ($K_F$) | Nm/rad | 2490,87 |
| Rigidez a Rolagem Traseira ($K_R$) | Nm/rad | 6778,65 |
| Altura do CR Dianteiro ($z_{RF}$) | m | 0,192 |
| Altura do CR Traseiro ($z_{RR}$) | m | 0,140 |
| Distância do CG até o Eixo Dianteiro ($a$) | m | 0,588 |
| Distância do CG até o Eixo Traseiro ($b$) | m | 0,882 |
| Entre Eixos ($l$) | m | 1,47 |

$$\frac{\Delta W_F}{A_y} = \frac{2486{,}84}{1{,}30} \cdot \left( \frac{0{,}3 \cdot 2490{,}87}{2490{,}87 + 6778{,}65} + 0{,}192 \frac{0{,}882}{1{,}47} \right) = 374{,}58\ N/g$$

$$\frac{\Delta W_R}{A_y} = \frac{2486{,}84}{1{,}10} \cdot \left( \frac{0{,}3 \cdot 6778{,}65}{2490{,}87 + 6778{,}65} + 0{,}140 \frac{0{,}588}{1{,}47} \right) = 622{,}58\ N/g$$

### 3.3 Análise da Dinâmica Lateral do Protótipo MBT18

Comparou-se os mesmos gráficos da análise feita para o MBT16, aceleração lateral, taxa de *yaw* e ângulo do volante, sendo esses apresentados na Fig 5




(a) Aceleração Lateral *vs*. Tempo (b) Taxa de *Yaw vs*. Tempo (c) Ângulo do Volante *vs*. Tempo

Figura 5 – Gráficos do comportamento dinâmico lateral do MBT18

Seguindo a mesma análise realizada para o MBT16, o MBT18 começa a contornar a curva próximo aos 2 s e atinge a máxima aceleração lateral, -0,64 g, em 2,95 s. Neste instante em que o veículo começa a deixar a curva a taxa de *yaw* também não inverteu seu sinal, levando a concluir que o veículo está escorregando os pneus dianteiros. Porém, a inversão do sinal ocorre em 4 s, 0,55 s antes que o MBT16. O ângulo do volante também aumenta, passando dos 65 °, comprovando que o comportamento dinâmico do veículo ainda é *understeer*.

### 3.4 Comparação dos Resultados Dinâmicos entre MBT16 e MBT18

Ao apresentar-se o gráfico da taxa de *yaw* com o da distância percorrida do veículo para ambos os protótipos na Fig 6, é possível identificar que o MBT18 começa a deixar da curva muito antes do que o protótipo antigo, mesmo ambos possuindo uma característica *undesteer*. Enquanto o MBT16 percorre 9,6 metros para começar a desesterçar, o MBT18 o faz 8,5 metros. Reduziu-se também as oscilações no final da curva, resultando em uma saída mais suave.

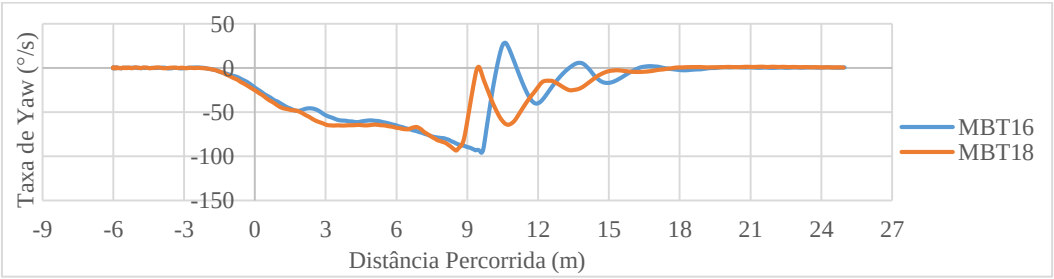



Figura 6 – Comparação das taxas de *yaw*

Devido a esse escorregamento antecipado do eixo traseiro e ao fato de que o ganho em aceleração lateral foi muito pequeno, é interessante verificar a velocidade longitudinal do veículo. A Fig. 7 compara as duas velocidades longitudinais. É notável que, mesmo com as alterações realizadas no MBT18, o veículo não perdeu velocidade longitudinal na curva, apenas reduziu-se o tempo em que a dianteira está a escorregar, reduzindo a distância que o veículo percorre em curva.

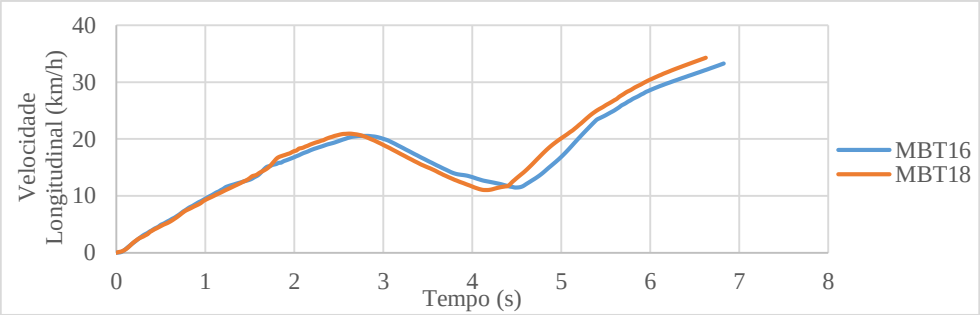
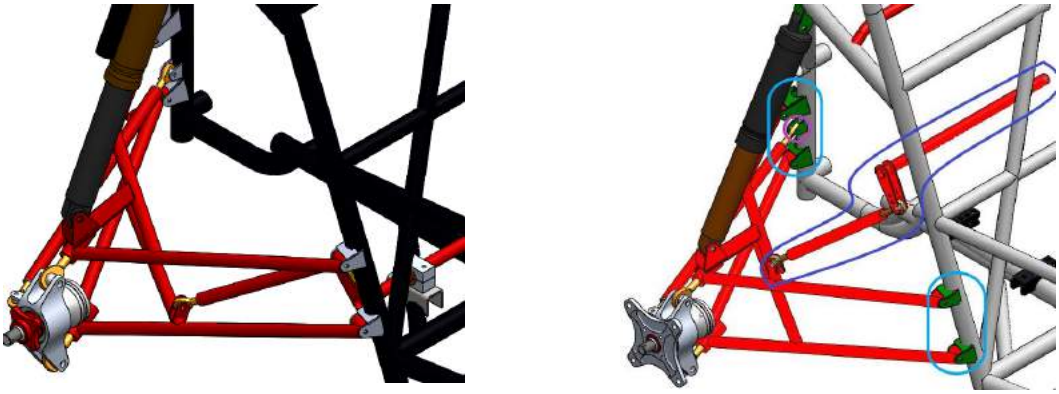



Figura 7 – Comparação das velocidades longitudinais

### 3.5 Projeto da Suspensão do MBT18

Com isso, foi redesenhado o conjunto de suspensão traseira para o protótipo MBT18, buscando implementar os novos parâmetros, sendo este apresentado na Fig.8. Como dito anteriormente a suspensão dianteira permanecerá a mesma. Buscou-se fazer alterações sutis na traseira do veículo pois o conjunto de suspensão duplo A vem se mostrando mecanicamente eficiente, não comprometendo o protótipo com quebras.



(a) MBT16 (b) MBT18

Figura 8 – Nova suspensão traseira para o protótipo MBT18

## 4. CONCLUSÕES

Utilizando-se do princípio de que a transferência de carga altera a capacidade do veículo gerar força lateral, o desenvolvimento de uma nova suspensão para o protótipo MBT18 teve como objetivo melhorar seu comportamento dinâmico lateral sem grandes alterações.

Com essas modificações, aumentou-se em 5% a transferência de carga lateral no eixo traseiro e se conseguiu antecipar o escorregamento dos pneus traseiros reduzindo o tempo em que o veículo permanece em curva. O novo protótipo MBT18 contorna a curva mais rapidamente ao faze-la percorrendo 1,1 m a menos que o MBT16 e consegue deixar a curva com maior suavidade.

Como a velocidade longitudinal de ambos protótipos não teve variação no teste, conclui-se que o MBT18, por possuir uma distribuição da transferência de carga maior no eixo traseiro, escorrega com mais facilidade os pneus traseiros, diminuindo seu raio de curva e consequentemente contorna a curva mais rapidamente que o protótipo anterior MBT16.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gillespie, T. D. *Fundamentals of Vehicles Dynamics*. USA: SAE, 1992.
Milliken, W. F.; Milliken, D. L. *Race Car Vehicle Dynamics*. USA: SAE, 1995.
Nicolazzi, L. C. *Uma Introdução à Modelagem Quase Estática de Veículos Automotores de Rodas*. [S.l.]. 2008.
Puhn, F. *How To Make Your Car Handle*. USA: [s.n.], 1976.
Smith, C. *Tune to Win*. USA: [s.n.], 1978.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE NUMÉRICA DAS FREQUÊNCIAS NATURAIS E MODOS DE VIBRAÇÃO DA HASTE DE CONTATO DA CHAVE SECCIONADORA BMKU-40A

**Maurício Rech**
**Ademilson Setti**
**Lucas Dalla Maria**
**João Vitor Bystronski Herzog**
**Juliano Wagner Daronch**
**Luciano Favretto da Rocha**
**Charles Leonardo Israel**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
mauriciorech92@gmail.com / ade.setti@gmail.com / lucasdm@upf.br / 128455@upf.br / 144186@upf.br / LucianoFR@ceee.com.br / israel@upf.br

***Resumo.*** *O presente trabalho consiste na apresentação de uma análise numérica computacional realizada acerca da haste móvel da chave seccionadora modelo BMKU-40A. Por meio da aplicação do método dos elementos finitos foi possível realizar uma análise modal do mecanismo da haste e assim identificar as frequências naturais, bem como os seus respectivos modos de vibração. Este procedimento é a primeira etapa de outras análises que serão desenvolvidas no mesmo equipamento, a fim de avaliar a funcionalidade da patente BR 10 2013 020198 7, que aborda a aplicação de vibração para redução de atrito nos contatos de seccionadores. Como resultado da análise, obteve-se uma frequência de 2,42 Hz para o primeiro modo de vibração e de 18,86 Hz para o terceiro. O sétimo modo, ocorrendo a 83,5 Hz, apresentou comportamento desejável para a aplicação do modelo de utilidade apresentado na patente, compreendendo a excitação da base móvel do mecanismo e obtendo-se uma resposta de torção e translação na extremidade da haste.*

***Keywords:*** *Chave Seccionadora, Vibração, Frequência Natural, Análise Numérica, Elementos Finitos*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a humanidade possui uma grande dependência em relação à geração e distribuição de energia elétrica. Ela está presente em todas as atividades desenvolvidas pela sociedade moderna, permitindo que seja possível viver com relativo conforto e comodidade. No entanto, para que a energia flua de sua fonte de geração até as residências e estabelecimentos, é necessária uma instalação denominada “Subestação Distribuidora”.

Nas subestações, encontram-se diversos equipamentos responsáveis pela correta distribuição de energia para a rede elétrica. Dentre estes equipamentos destacam-se as chaves seccionadoras. Carrasco e Torres (2005) ressaltam que elas têm o papel de energizar barramentos, ramos e linhas de transmissão. Assim sendo, estes equipamentos possibilitam que a energia flua para as localidades, quando em operação normal, ou que seja interrompida quando manutenções na rede elétrica se fazem necessárias.

Embora a evolução tecnológica no setor elétrico tenha sido elevada nos últimos anos, é notável a necessidade de aperfeiçoamento nas chaves seccionadoras de alta tensão. Diversos defeitos são apontados por vários autores. Dentre eles, Carrasco e Torres (2005) destacam a falta de lubrificação nas junções, a falta de alimentação do cubículo de acionamento e o fechamento incorreto das fases. Rocha (2014) relata que as falhas de fechamento de contatos em chaves seccionadoras, quando realizados por comando remoto, causam grandes despesas para as concessionárias de energia. O autor comenta que estas falhas “consistem basicamente na má efetivação dos contatos principais do seccionador, propiciando o surgimento de arco voltaico, desgaste e, consequentemente, a oxidação dos mesmos, o que acaba prejudicando ainda mais a efetivação das manobras”.

Como forma de aperfeiçoar o fechamento por comando remoto de seccionadores, foi desenvolvida a patente “Dispositivo de automação de seccionador de alta tensão”, BR 10 2013 020198 7, no ano de 2013, de autoria de Luciano Favretto da Rocha, em parceria com a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) e a Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF). Esta patente consiste na utilização um moto vibrador fixo para realizar o alívio de atrito entre a haste móvel e os contatos fixos dos seccionadores, empregando ainda um sensor retro reflexivo com receptor para averiguar o correto posicionamento dos componentes do contato.

### 1.1 Objetivos

O presente artigo tem por objetivo demonstrar a análise numérica computacional realizada acerca da haste móvel da chave seccionadora de alta tensão modelo BMKU-40A. Esta análise consiste na aplicação do método dos elementos finitos para determinar as frequências naturais e os modos de vibração da haste.

Este tipo de análise, conhecida como análise modal, é a primeira etapa a ser realizada, quando o método dos elementos finitos é aplicado para averiguar o comportamento dinâmico de estruturas. Os estudos aqui apresentados fazem parte de uma série de estudos que vem sendo desenvolvidos visando demonstrar a aplicabilidade da patente supracitada.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção estão retratados alguns elementos fundamentais no desenvolvimento do artigo. Dentre os assuntos abordados está o funcionamento da chave seccionadora em estudo e a aplicação do método dos elementos finitos em estruturas sob efeitos de carregamento dinâmico.

### 2.1 Chaves Seccionadoras de Alta Tensão

A norma brasileira ABNT NBR 6935 (1985) traz definições e características de diversos equipamentos elétricos, cuja voltagem ultrapassa os 1000 V. De acordo com esta norma, chaves são definidas como “dispositivos mecânicos de manobra, que na posição aberta assegura uma distância de isolamento e na posição fechada mantêm a continuidade do circuito elétrico nas condições especificadas”.

Esta definição geral abrange de forma clara a real função de uma chave seccionadora que consiste em permitir ou interromper a passagem de corrente elétrica. A norma também traz diversas definições relacionadas aos componentes e tipos de chaves existentes. Assim, uma chave seccionadora consiste, basicamente, de elementos como polos, base, mancal, sub-base, coluna isolante, lâmina principal, suporte dos contatos, contatos, mecanismos e acessórios.

Na ABNT NBR 6935 (1985) também é possível identificar os diferentes tipos construtivos de chaves, sendo eles de abertura lateral e de abertura vertical. Os seccionadores de abertura lateral podem ser do tipo simples (AL), central (AC) ou dupla (DA). Já os seccionadores de abertura vertical são definidos como simples (AV), reversa (VR) ou faca (FC).

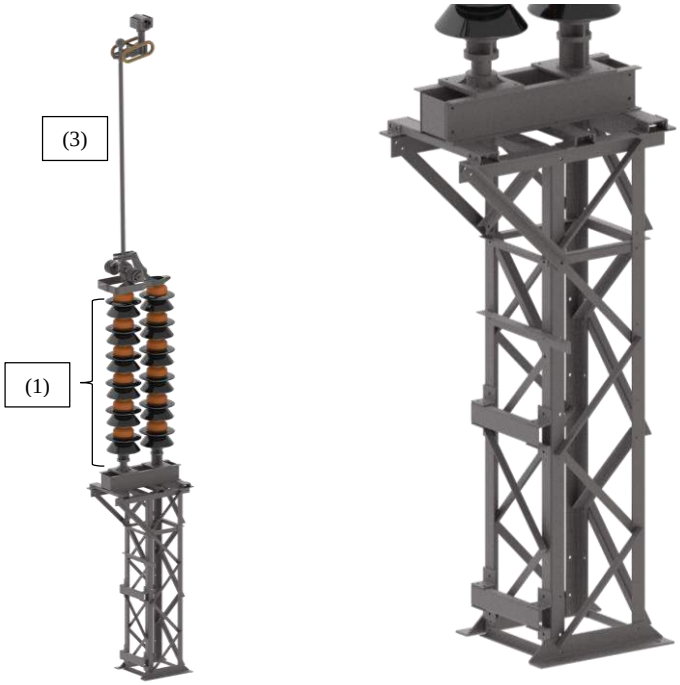
### 2.2 Chave Seccionadora Modelo BMKU-40A

O modelo BMKU-40A é um modelo de chave seccionadora com abertura vertical reversa (VR), projetado e fabricado pela Harvey Hubble, na década de 1970. A CEEE, em parceria com a Universidade de Passo Fundo, cedeu para estudos um modelo desta chave. Na Fig. 1, é possível observar o modelo renderizado a partir de um desenho CAD desenvolvido pelos integrantes do grupo de pesquisa da UPF.

Na Fig. 1(a) está representado uma vista geral da chave, e em (b) uma vista aproximada da estrutura de cantoneiras, responsável por sustentar as colunas de isoladores e a haste principal. O contato superior não está apoiado em nenhuma base, pois a mesma foi removida para facilitar a visualização do equipamento.

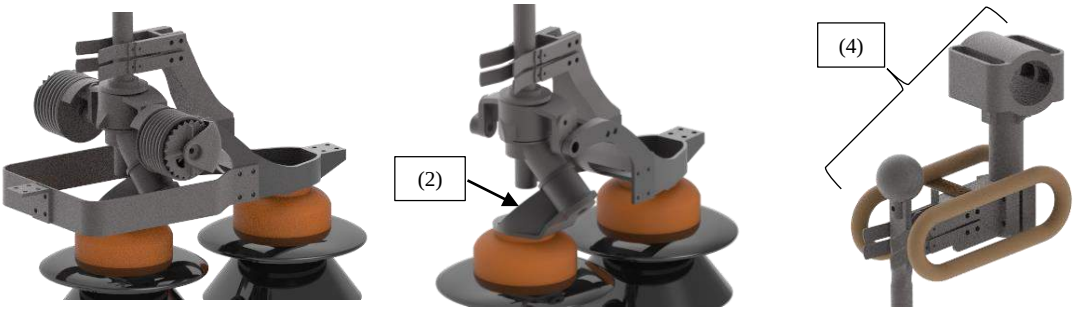
Na Fig. 2, é possível observar o mecanismo de rotação da haste móvel e também o contato elétrico fixo. O princípio mecânico de funcionamento do equipamento é relativamente simples. Um motor, acoplado à base metálica, propicia o movimento de rotação para um eixo. Este eixo está ligado diretamente à coluna esquerda de isoladores (1), apresentada na Fig. 1(a). Esta coluna faz com que a base giratória (2) do mecanismo também rotacione, ativando a movimentação da haste (3). O movimento da haste consiste em rotacionar no próprio eixo, ao mesmo tempo que se desloca até ocorrer o encaixe entre as lâminas do contato fixo (4).

Quando a lâmina está na posição indicada na Fig. 2(c), diz-se que a chave seccionadora está na posição fechada. Em outras palavras, a corrente elétrica está fluindo pela chave e, portanto, a rede elétrica está energizada. Os problemas apresentados por Rocha (2014), dizem respeito ao momento anterior a esta posição, quando a chave está prestes a entrar no contato, mas o mesmo não é efetivado. Assim, a patente apresentada anteriormente visa, por meio do uso de vibrações mecânicas, aliviar o atrito entre a haste e o contato fixo, efetivando assim o fechamento da chave.




(a) BMKU-40A (b) Estrutura de Cantoneiras

Figura 1. Vistas da chave seccionadora BMKU-40A e de sua estrutura metálica




(a) Detalhe do mecanismo (b) Detalhe da base giratória (c) Haste acoplada ao contato fixo

Figura 2. Vistas em detalhe das partes constituintes do mecanismo de funcionamento da chave seccionadora

### 2.3 Análise Modal e a Aplicação do Método dos Elementos Finitos para Carregamentos Dinâmicos

De acordo com Inman (2014), a análise modal consiste no procedimento aplicado para a determinação das frequências naturais e seus respectivos modos de vibração, seja o procedimento experimental ou numérico. O método dos elementos finitos é uma ferramenta numérica largamente empregada em análises de resistência estrutural. De forma simplificada, consiste na discretização do domínio físico contínuo em elementos menores, chamados de elementos finitos. Alves Filho (2007) ressalta que este método foi inicialmente desenvolvido para a área de cálculo estrutural e que a configuração deformada da estrutura é determinada pelos deslocamentos dos nós, qualquer que seja a forma da estrutura ou o tipo de carregamento. Em seu material, o autor demonstra que a forma mais eficiente de representar as características do sistema é por meio do uso da matriz de rigidez da estrutura, representada pela Eq. (1):

$$\{F\} = [K]\{\Delta\} \tag{1}$$

Na Eq. (1) temos que $\{F\}$ representa o carregamento atuante na estrutura, $[K]$ a matriz de rigidez da estrutura e $\{\Delta\}$ a matriz de deslocamentos nodais. A partir desta equação, é possível determinar métodos matemáticos que permitam solucionar as matrizes geradas. Esta equação é apropriada para carregamentos estáticos lineares e não lineares, mas requer uma readequação para sistemas sob carregamentos dinâmicos. Alves Filho (2008) ressalta que, a partir da equação geral

do movimento, descrita em livros de dinâmica, gera-se a Eq. (2), que representa o comportamento dinâmico de uma estrutura com múltiplos graus de liberdade:

$$[M]\{\ddot{U}\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = \{F(t)\} \tag{2}$$

onde $[M]$ é a matriz de massa da estrutura, $\{\ddot{U}\}$ é a matriz de acelerações nodais, $[C]$ é a matriz de amortecimento da estrutura, $\{\dot{U}\}$ a matriz de velocidades nodais, $[K]$ a matriz de rigidez da estrutura, $\{U\}$ a matriz dos deslocamentos nodais e $\{F(t)\}$ a matriz das forças nodais variáveis com o tempo. A partir desta equação, executa-se a solução dos chamados autovalores e autovetores do sistema e assim encontram-se as frequências naturais.

## 3. METODOLOGIA

Na presente seção estão abordadas as duas etapas fundamentais para a realização da análise proposta. Inicia-se pela caracterização das propriedades dos materiais, seguindo-se para a metodologia desenvolvida na análise numérica.

### 3.1 Propriedades dos materiais

Os materiais empregados para caracterizar a rigidez dos mecanismos podem ser observados na Tabela 1. Estes materiais foram determinados em função dos conhecimentos práticos adquiridos e das informações coletadas no manual do fabricante da chave seccionadora, conforme descreve Hubble (1979). As propriedades mecânicas do ferro fundido cinzento, bem como do cobre, foram retiradas do próprio *software* de elementos finitos (Siemens NX 12.0). Já as propriedades do aço foram empregadas com base na obra de Callister e Rethwisch (2014).

Tabela 1. Caracterização dos materiais empregados na análise numérica

| Materiais | Módulo de Elasticidade $E$ [GPa] | Coeficiente de Poisson $\nu$ | Resistência ao Escoamento $S_{sy}$ [MPa] | Resistência Última Tração $S_{ut}$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|
| Aço Estrutural | 200 | 0,3 | 210 | 380 |
| Ferro Fundido Cinzento ASTM A 395 | 158 | 0,25 | 382 | 632 |
| Cobre | 114 | 0,31 | 30 | 207 |

### 3.2 Análise Numérica Computacional

A proposta para o presente artigo abrange a análise das frequências e modos de vibração da haste móvel da BMKU-40A. Assim, o modelamento em elementos finitos baseou-se em algumas peças do mecanismo e da própria haste, conforme pode ser observado na Fig. 3. Para realizar o modelamento e análise, utilizou-se o *software* Simcenter 12, da Siemens.

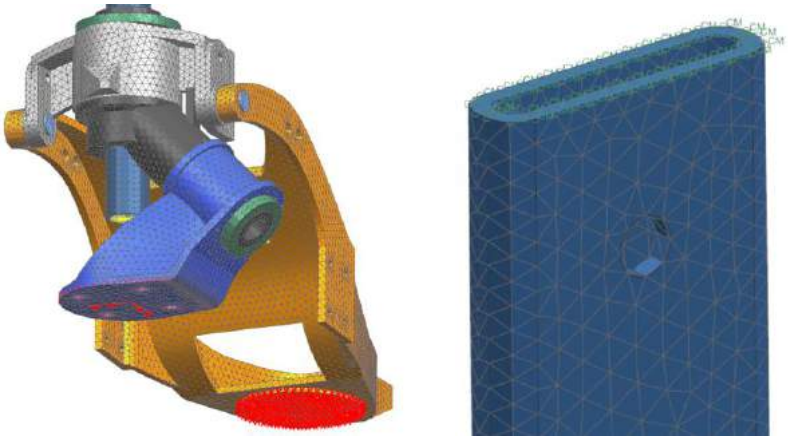
Nesta simulação foram aplicadas três restrições de movimento sobre a estrutura. A primeira refere-se ao engaste completo da base fixa do mecanismo. Essa fixação pode ser observada na Fig. 3(a), aparecendo como um aglomerado de conexões em vermelho. A segunda fixação está representada por duas linhas vermelhas sobre um ponto único caracterizado como o centro geométrico da superfície inferior da base giratória. Sua fixação impede o movimento de translação em todos os eixos e também as rotações nos eixos x e y, mas permite o movimento de rotação, típico do mecanismo, no eixo z. A terceira fixação impede os movimentos de translação no eixo z da superfície inferior da base móvel, de forma que, em combinação com a restrição anterior, ocorra o movimento de giro da base, sem que a superfície inferior deforme.

Para as outras peças foram considerados os contatos reais entre os componentes. Estes contatos foram realizados utilizando coeficientes de atrito no valor de 0,6, comumente aplicado em superfícies rugosas, tais como aquelas produzidas em ferro fundido e até mesmo o próprio aço, consoante a Merian e Kraige (2002).

A malha de elementos finitos produzida nas peças foi feita com elementos tetraédricos de quatro nós (CTETRA4). Para a fixação da haste no braço, utilizaram-se elementos rígidos do tipo RB2, que podem ser visualizados na Fig. 3(a) como pequenas linhas em amarelo. Também se adicionou um elemento 0D para representar uma massa equivalente de 200 gramas atuando na extremidade livre da haste. Essa distribuição pode ser visualizada na Fig. 3(b), com pequenos símbolos escritos com as letras CM (*Concentrated Mass*). A malha computacional gerada possui 126144 elementos, sendo 126083 elementos tetraédricos de quatro nós e 41435 nós dos elementos.

Posteriormente às configurações de contorno, foram estabelecidos os parâmetros de simulação. A solução empregada consiste na solução de autovalores e autovetores, chamada de SOL 103 *Real Eigenvalues*. Nesta solução foram utilizados dois subcasos de carregamento. O primeiro é um subcaso estático que leva em consideração a presença dos contatos entre

as peças. O segundo subcaso baseia-se nas informações do primeiro e entrega a solução dos autovalores e autovetores do sistema, que indicam as frequências naturais e os modos de vibração da estrutura.



(a) Vista em detalhe da malha empregado no mecanismo

(b) Massa concentrada na extremidade livre da haste

Figura 3. Malha gerada para a análise numérica

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Fig. 4 estão apresentados os gradientes de deslocamento obtidos através da análise numérica. O primeiro modo está apresentado na Fig. 4(a) e representa um movimento de translação da extremidade livre da haste. O segundo modo possui resultado equivalente ao do primeiro, e por isso não foi adicionado às imagens, sendo suas frequências naturais extremamente próximas. O terceiro modo de vibração, apresentado na Fig. 4(b), ocorre em uma frequência próxima a 18,86 Hz e seu movimento consiste na torção da haste próximo à metade de seu comprimento. Os quarto, quinto e sexto modos de vibração não foram expostos, pois não apresentam distribuições condizentes com os objetivos do estudo.

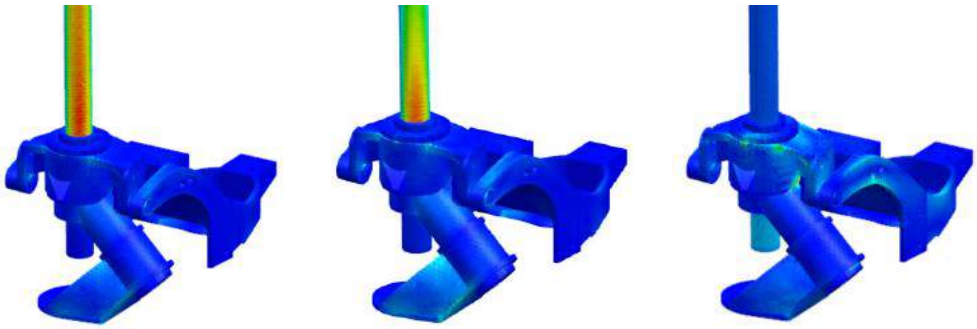
Na Fig. 4(c) está apresentado o sétimo modo de vibração do mecanismo a 83,5 Hz. Neste modo, é possível identificar o movimento de rotação da base giratória, que gera por consequência uma torção na haste. A forma como esse movimento acontece é de interesse para a equipe do projeto, uma vez que a ideia inicial do estudo está em excitar a chave seccionadora, utilizando para isso um moto vibrador, para então obter como resultado um movimento torcional de encaixe da haste no contato fixo, similar ao apresentado na Fig. 4(c).

(a) 1º Modo de Vibração - 2,24 Hz (b) 3º Modo de Vibração - 18,86 Hz (c) 7º Modo de Vibração - 83,50 Hz

Figura 4. Resultados obtidos pela análise numérica da haste

Na Fig. 5, é possível observar o gradiente da tensão equivalente de Von Mises para o primeiro, o terceiro e o sétimo modo de vibração da haste. Os valores gerados não são citados no texto por não serem valores reais de carregamento,

visto que a simulação fornece distribuições genéricas de tensão. Observa-se que no primeiro modo, a presença de tensão ocorre praticamente na parte inferior da haste. O terceiro possui comportamento semelhante ao primeiro, porém com uma presença de tensão maior na base giratória. Já no sétimo modo, o gradiente de tensão na haste é menor, mas ocorrem concentradores de tensão nos componentes do mecanismo.



(a) 1º Modo de Vibração (b) 3º Modo de Vibração (b) 7º Modo de Vibração

Figura 5. Gradiente da tensão equivalente de Von Mises para o 1º, 3º e 7º modo de vibração da haste

## 5. CONCLUSÕES

A análise numérica realizada irá funcionar como um guia para os próximos estudos. Ela permite, por exemplo, inferir locais adequados para o posicionamento de acelerômetros e também *strain gauges*, que serão utilizados em análises experimentais futuras. Estas análises experimentais permitirão calibrar o modelo de elementos finitos, de forma a adequá-lo com as características reais da chave. De forma específica, percebe-se que os melhores locais para o posicionamento dos acelerômetros é a extremidade livre da haste e na metade de seu comprimento, de acordo com a Fig. 4. Já os *strain gauges* poderiam ser alocados na parte inferior, nos sentidos transversal e longitudinal.

Os resultados encontrados neste trabalho, embora permitam inferir informações relevantes, servem apenas como ponto de partida para as outras etapas do projeto. Dentro do próprio modelo de elementos finitos, deverão ser realizadas outras análises para identificar possíveis pontos de ruptura ou concentração de tensões. Assim, será necessário realizar uma análise harmônica para fundamentar o comportamento dinâmico, detectando o comportamento estrutural quando submetida a determinadas excitações. Também deverão ser analisados os coeficientes de amortecimento da estrutura, bem como os próprios elementos utilizados na confecção da malha.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE-GT) através do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) sob o contrato nº 9953349, bem como o apoio institucional da Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6935. *Seccionadores, chaves de terra eaterramento rápido*. Brasil, Janeiro de 1985.
Callister, W. D., Rethwisch, D. G. *Materials Science and Engineering – An Introduction*. John Whiley & Sons, 2014.
Carrasco, A. C., Torres, G. L. *Sistema Inteligente para a Detecção de Falhas de Manobras em Seccionadores de Subestações de Potência*. Revista Ciências Exatas de Taubaté, 2005.
Alves Filho, A. Elementos Finitos: a base da tecnologia CAE. 5ª Edição, Érica. São Paulo, 2007.
Alves Filho, A. Elementos Finitos: a base da tecnologia CAE – Análise Dinâmica. 2ª Edição, Érica. São Paulo, 2008.
Hubble, Harvey. *Chaves seccionadoras MKU-40A de fechamento vertical, de alta tensão*. Brasil, 1979.
Inman, D. J. Engineering Vibrations. 4ª Edição. Pearson Education Inc., Nova Jersey, 2014.
Merian, J. L., Kraige L. G. *Engineering Mechanics – Statics*. 5ª Edição, John Whiley & Sons, 2002.
Rocha, L. F. *Implementação de um Sistema para Manobras de Seccionadores de Alta Tensão Visando seu Processo de Automação*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Passo Fundo, 2014.
Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. *NX Nastran User's Guide*. Estados Unidos, 2016.

## 8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo o que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# STOCHASTIC ALGORITHMS PERFORMANCE IN OPTIMAL CONTROL PROBLEM OF ETHANOL BIOREACTOR

**Thiago André Weschenfelder**
**Bruno Fisher**
**Jean Carlo Rauschkolb**
**Natália Woloszyn**
**Guilherme Sabadin Piva**
URI – Campus de Erechim - Avenida Sete de Setembro, 1621 - CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
thiago.weschenfelder@gmail.com
buno.fischer.com@hotmail.com
jeancarlo-ab@hotmail.com
natalia_wolo@hotmail.com
piva_guilherme@hotmail.com

***Abstract.*** *Optimal control of fed-batch bioreactors is a very challenging problem due to several reasons as the control variable often appears linearly in the system differential equations, so the problem is singular, creating additional difficulties for its solution. Stochastic optimization methods can be a great alternative when deterministic methods cannot be applied, or require extensive implementation work. Still these methods do not require any a priori knowledge about the structure of the problem. The present work aims to evaluate the performance of two stochastic algorithms in optimal control problem of ethanol bioprocess: Simulated Annealing (SA) and Particle swarm Optimization (PSO with the Control Vector Parametrization (CVP) approach. Results showed that all the algorithms presented satisfactory performance in the case study. Special attention may be given to PSO algorithm, which presented the most interesting results in which they were applied and showed that the stochastic optimal control can be an interesting tool, with easy implementation, robust performance and with just a few internal settings.*

***Keywords:*** *Simulated Annealing, Particle Swarm Optimization, Dynamic Optimization, Ethanol Biorreactor*

## 1. INTRODUCTION

Sustainable development concept has gained considerable attention worldwide and has stimulated researchers and engineers to make major efforts to reduce cost-benefit for the development and manufacture of industrial bioprocesses. In order to increase productivity and/or profitability of these processes, many efforts have been adopted in optimization and control. A typical example is the optimal control or open-loop optimal control of fed batch bioreactors (CHEN *et al.*, 2004; BALSA-CANTO *et al.*, 2001).

Optimal control of fed-batch bioreactors is a very challenging problem due to several reasons. First, control variable (e.g. feed rate) often appears linearly in the differential equations system, so the problem is singular, creating additional difficulties for its solution. In this type of problem, optimal operating policy will be either bang-bang, or singular, or a combination of both. Second, most bioreactors have highly non-linear dynamics, and constraints are also frequently present on both state and control variables (BANGA *et al.*, 2005).

Optimal control of fed-batch bioreactors is a very challenging problem due to several reasons. First, control variable (e.g. feed rate) often appears linearly in the differential equations system, so the problem is singular, creating additional difficulties for its solution. In this type of problem, optimal operating policy will be either bang-bang, or singular, or a combination of both. Second, most bioreactors have highly non-linear dynamics, and constraints are also frequently present on both state and control variables (BANGA *et al.*, 2005).

Stochastic optimization methods seek the global minimum of the objective function in multimodal problems. These methods can be a good alternative when deterministic methods cannot be applied or require extensive implementation work. Among the stochastic methods, Particle Swarm Optimization (PSO) and Simulated Annealing (SA) methods have been used individually in several optimization problems. Some applications of these algorithms in optimal control problem can be found in the literature (BANGA *et al.*, 2005; DURAND *et al.*, 2009; WONGRAT *et al.*, 2011; LIU *et al.*, 2013).

The present work aims to evaluate the performance of four stochastic algorithms: SA and PSO in optimal control problem of ethanol bioreactor, well known in the literature, what makes possible a comparison between the algorithms used in this work and other solution approaches.

## 2. STATEMENT OF THE OPTIMAL CONTROL PROBLEM AND METHODS

This particular optimal control problem considered has been studied, among others, by Hong (1986), Chen and Hwang (1990), Luus (1993) and Banga *et al.* (1997). Problem formulation was established to optimize feed rate of a fed-batch bioreactor, in order to maximize the ethanol production from glucose fermentation by Saccharomyces cerevisiae strain. Batch time was fixed as 54h.Process model utilized in this work is well described in Hong (1986). Relevant mathematical expressions for this optimization problem are provided as follow: Find the profile of $u$ during the time $[0, t_f]$ subject to the constraints given below, such that the performance index $J$ is minimized.

$$\max_u J = x_3(t_f)\,x_4(t_f) \tag{1}$$

subject to

$$\frac{dx_1}{dt} = g_1 x_1 - u(t)\frac{x_1}{x_4} \tag{2}$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -10 g_1 x_1 + u(t)\frac{150 - x_2}{x_4} \tag{3}$$

$$\frac{dx_3}{dt} = g_2 x_1 - u(t)\frac{x_3}{x_4} \tag{4}$$

$$\frac{dx_4}{dt} = u(t) \tag{5}$$

$$g_1 = \left\{\frac{0.408}{\left(1+\frac{x_3}{16}\right)}\right\}\left\{\frac{x_2}{0.22 + x_2}\right\} \tag{6}$$

$$g_2 = \left\{\frac{1}{\left(1+\frac{x_3}{71.5}\right)}\right\}\left\{\frac{x_2}{0.44 + x_2}\right\} \tag{7}$$

$$0 \le x_4 \le 200 \tag{8}$$

$$0 \le u(t) \le 12 \tag{9}$$

where x1 represents the cell content, x2 and x3 the substrate and ethanol contents, respectively, and x4 is the bioreactor volume.
The initial condition vector for the system is given by Equation (10).

$$\left[x_1(0), x_2(0), x_3(0), x_4(0)\right] \equiv \left[1\ \ 150\ \ 0\ \ 10\right]^T \tag{10}$$

Figure1shows the behavior of ethanol production system in a typical condition, with a constant feed rate and initial conditions given by Equation 10:

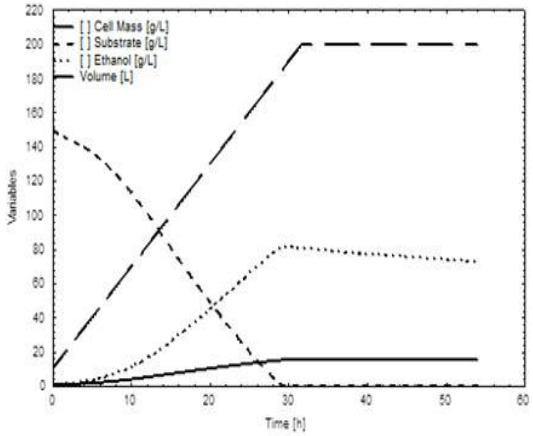



Figure 1 – Dynamic behavior of ethanol production in a fed-batch bioreactor.

In Figure 1, it can be verified the strong effect of the volume restriction, since the maximum volume of the bioreactor is reached in approximately 30 hours and in this time, ethanol concentration and cell mass reach their maximum value with the total consumption of the substrate. Ethanol production is inhibited by substrate and product, what is a difficulty when a high ethanol yield is desired. Besides, substrate is used in a competitive way for the cell mass growth and product formation. This is a well-known fermentation system in the literature.

Since, the goal in this optimal control problem was to maximize the ethanol production, objective function was the product of variables $x_3$ and $x_4$, where $x_3(tf)x_4(tf)$ is the amount of produced ethanol, in the end of the batch. Thus, performance index $J$ is given by:

$$J = -x_3(tf)x_4(tf) \tag{11}$$

In this work, CVP approach was used. Control variable was represented as a piecewise function consisted of five rests, for all case studies. This approach led to a nonlinear programming problem, which parameters were estimated using the four stochastic algorithms considered in this contribution.

Among several stochastic algorithms available to be used, these two algorithms were chosen for their great popularity in chemical engineering applications. Each stochastic algorithm adopted in this work was previously tested with benchmark functions. Their internal parameters were set based on a previous work conducted by our research group (WESCHENFELDER, 2010). SA algorithm used in this work is based on the report of Corana *et al.* (1987) and Goffe *et al.* (1994). As internal parameters, annealing temperature was set as 1000, a population size of 20 was used and the cooling rate was equal to 0.5. PSO algorithm according to Schwaab *et al.* (2008) was utilized in this work with an inertial weight of 0.75, the cognitive parameter C1 and the social parameter C2 equal to 1.5 and a population size of 60.

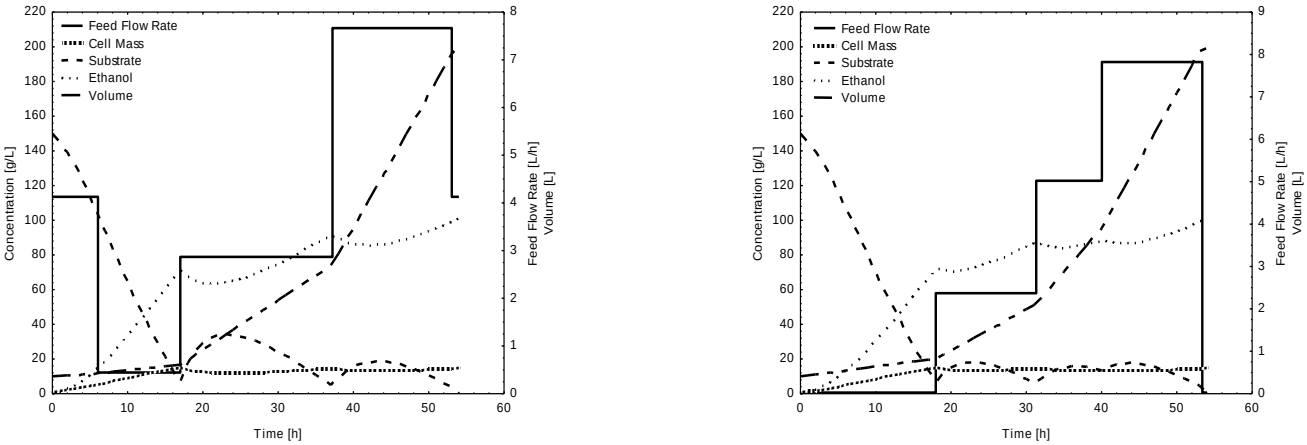
Ordinary differential equations system was integrated by Adams-Moulton method through DIVPAG routine (IMSL Fortran Numerical Libraries) with default tolerance values (QUARTERONI *et al.*, 2000). A home-made computer code in Fortran 90 language was developed in Compaq Visual Fortran 6.6 compiler.]. For this case study, 20 runs with random initial guesses were taken and median values of the results obtained were used as final result for the objective function. This was done in order to assure that the seed used for the random numbers generation did not influence the final solution. Seeds were taken from the computer time. Stop criterion for all the algorithms was 500,000 functions evaluations.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 4 shows the substrate feed rate and state variables profiles for ethanol production problem. It can be noted from this Figure, a difference between profiles obtained by SA algorithms and PSO algorithms. Profiles obtained with PSO algorithm present increasing rests, pointing out that the best feeding policy would be a very low substrate content in the beginning of the fermentation. Due to the inhibition effects that occur in ethanol production, this feeding policy minimizes the substrate inhibition effects avoiding high substrate content in the medium. It can be noted, even with a high feed rate, the substrate content is kept at low values. On the other hand SA algorithms provided a non-increasing profile, where initially a high substrate feed rate is used. It can be verified that substrate content is higher during the fermentation process, resulting in lower ethanol yield.

A comparison of objective function values and ethanol content obtained with the four algorithms is presented in Table 1. Results show that PSO algorithm achieved the highest index performance and the highest ethanol concentration

fed-batch bioreactor, what can be noticed from their objective function values and also from the profiles presented in Figure 4. On the other hand, SA method could not reach the same region of other algorithms, what can be verified by the results in Table 1 and Figure 4.




(a) (b)

Figure 2– Control and state variables profiles for the ethanol biorreactor,optimized by stochastic algorithms: a) SA and b) PSO.

Table 1–Objective function values and final ethanol content obtained with the four stochastic algorithms in ethanol production problem.

| Algorithm | Objective Function Value | | | Final Ethanol Content (g/L) |
|---|---|---|---|---|
| | Minimum | Median | Maximum | |
| SA | 20281.74 | 20297.28 | 20304.41 | 101.40 |
| PSO | 20379.47 | 20385.94 | 20391.01 | 101.91 |

Index performance values obtained by Cheng and Hwang (1990), Luus (1993), Banga *et al*. (1997) and Jayaraman (2001) were equal to 20073 (Pontryagin Maximum), 20430 (Iterative Dynamic Programming), 20423 (ICRS/DS algorithm) and 20357.18 (Ant Colony algorithm), respectively. For a fixed final time of 54 hours, stochastic algorithms presented in this work achieved values close to or even better than those obtained in the literature, as it is shown in Table 1. Previous researches cited above obtained different profiles for the feed rate, but all of them were increasing profiles that minimize inhibition effects in the medium. A careful analysis allows verifying that some of the best results presented in literature were refined through several successive optimization procedures, where the solution was improved in each procedure. In other cases, a piecewise linear function was used with more optimized parameters than the present work. Therefore, it can be said that stochastic optimal control can be an interesting tool, since they are easy to implement, robust and with just a few internal settings for optimal control problems of bioreactors with considerable numerical degree of difficulty.

## 4. REFERENCES

BALSA-CANTO, E, BANGA, J.R., ALONSO, A.A., VASSILIADIS, V.S., 2001. “Dynamic Optimization of Chemical and Biochemical Process Using Restricted Second-Order”. *Information. Comp. Chem. Eng*., vol. 25, p. 539-546.

BANGA, J.R., ALONSO, A.A., SINGH, R.P., 1997. “Stochastic Dynamic Optimization of Batch and Semicontinuous Bioprocess”. *Biotechnol. Prog.*, Vol.13, p. 326-335.

BANGA, J.R., BALSA-CANTO, E., MOLES, C.G., ALONSO, A.A., 2005. “Dynamic optimization of bioprocesses: Efficient and robust numerical strategies”. *J. Biotech.*, vol. 117, p. 407–419.

CHEN, C.T., HWANG, C., 1990. “Optimal On-Off Control for Fed-Batch Fermentation Processes”. *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 29, p. 1869-1875.

CHEN, L., NGUANG, S.K., CHEN, X.D., LI, X.M., 2004. “Modelling and optimization of fed-batch fermentation processes using dynamic neural networks and genetic algorithms”. *Biochem. Eng. J.*, vol. 22, p. 51–61.

CORANA, A., MARCHESE, M., MARTINI, C., RIDELLA, S., 1987. “Minimizing multimodal functions of continuous variables with the ‘simulated annealing’ algorithm”. *ACM T. Math. Software*, vol. 13, p. 262-280.

DURAND, G.A., CORAZZA, M.L., BLANCO, A.M., CORAZZA, F.C., 2009. “Dynamic Optimization of the Mashing Process”. *F. Control*, vol. 29, p. 1127-1140.

GOFFE, W.L., FERRIER, G.D., ROGERS, J., 1994. "Global Optimization of statistical functions with simulated annealing". *J. Econometrics*, vol. 60, p. 65-99.

HONG, J., 1986. "Optimal Sustrate Feeding Policy for a Fed Batch Fermentation with Substrate and Product Inhibition Kinetics". *Biotechnol. Bioeng.*, vol. 28, p. 1421-1431.

JAYARAMAN, V.K., KULKARNI, B.D., GUPTA, K., RAJESH, J., KUSUMAKER, H.S., 2001. "Dynamic Optimization of Fed-Batch Bioreactors using the Ant Algorithm". *Biotehcnol.Prog.*, vol. 17, p. 81-88.

LIU, C., GONG, Z., SHEN, B., FENG, E., 2013. "Modeling and optimal control for a fed-batch fermentation process". *Appl. Math. Model*., vol. 37, p. 695-706.

LUUS, R., 1993. "Application of Dynamic Programming to Differential Algebraic Process Systems". *Comput. Chem. Eng.*, vol. 17, p. 373-377.

QUARTERONI, A., SACCO, R., SALERI, F., 2000. *Matematica Numerica*, Springer Velag.

SCHWAAB, M., BISCAIA, J.R., MONTEIRO, J.F.L., PINTO, J.C., 2008. "Nonlinear parameter estimation through particles warm optimization". *Chem Eng Science*, vol. 63, p. 1542-1552.

WESCHENFELDER, T.A., 2010. *Otimização Dinâmica de Bioprocessos Utilizando Algoritmos Estocásticos.* M.Sc Thesis, Programa de Engenharia de Alimentos, URI, Brazil.

WONGRAT, W., YOUNES, A., ELKAMEL, A., DOUGLAS, P.L., LOHDI, A., 2011. "Control vector optimization and genetic algorithms for mixed-integer dynamic optimization in the synthesis of rice drying processes". *J. Franklin Inst*., vol. 348, p. 1318-1338.

## 5. RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MODELAGEM DA RECUPERAÇÃO DE AROMAS MAJORITÁRIOS DO CAFÉ SOLÚVEL UTILIZANDO PERVAPORAÇÃO EM REGIME TRANSIENTE

**Thiago André Weschenfelder**
**Bruno Fisher**
**Jean Carlo Rauschkolb**
**Natália Woloszyn**
**Guilherme Sabadin Piva**
URI – Campus de Erechim - Avenida Sete de Setembro, 1621 - CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
thiago.weschenfelder@gmail.com
buno.fischer.com@hotmail.com
jeancarlo-ab@hotmail.com
natalia_wolo@hotmail.com
piva_guilherme@hotmail.com

***Resumo.*** *Durante o processo de obtenção do café solúvel ocorrem transformações e perdas aromáticas, que modificam quantitativamente e qualitativamente a fração de compostos voláteis. A pervaporação é um processo de separação por membranas que já vem sendo relatado na literatura para a recuperação de aromas de frutas e sucos de frutas, sendo uma alternativa tecnológica para a indústria de café solúvel devido a não necessidade de adição de compostos químicos e operação em temperaturas amenas. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi a avaliação da modelagem de pervaporação em regime transiente para recuperação de aromas provenientes do café solúvel. Um modelo fenomenológico em regime transiente foi desenvolvido baseado no modelo de sorção-difusão e ajustado aos dados experimentais com estimação das permeâncias dos compostos. Os resultados em regime transiente mostraram que as frações molares aumentam com a temperatura caracterizando uma seletividade governada pela difusão. O modelo desenvolvido ajustou-se bem aos dados experimentais em regime transiente e apresentou uma estimativa do comportamento das frações molares da alimentação e retentado do processo de pervaporação ao longo do tempo.*

***Palavras chave:*** *pervaporação, regime transiente, café solúvel, estimação de parâmetros, modelagem matemática.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na cadeia do café, a indústria de café solúvel é a principal geradora de receita pela exportação de produto com maior valor agregado. O segmento de café solúvel no Brasil é constituído por um pequeno número de empresas, pois seu processamento exige mais tecnologia e, consequentemente, maior investimento que a produção de café torrado e moído.

Durante o processamento de obtenção de café solúvel ocorrem transformações e perdas de aromas, que modificam quantitativamente e qualitativamente a fração de compostos voláteis. A perda de aromas, em comparação com os compostos voláteis presentes no café torrado e moído, pode atingir 89%. Além disso, algumas destas transformações acarretam na formação de compostos que exercem impacto negativo no sabor e aroma do café solúvel quando comparado ao café preparado de forma convencional (BASSOLI, 2006).

A pervaporação é um processo de separação por membranas que já vem sendo relatado na literatura para a recuperação de aromas de frutas e sucos de frutas (SHE e HWANG, 2006; PENG e LIU, 2003; GARCÍA *et al.*, 2008; ISCI *et al.*, 2006; RAFIA *et al.*, 2001; PEREIRA *et al.*, 2006), bebidas alcoólicas (KARLSSON *et al.*, 1995; CATARINO *et al.*, 2009; OLMO *et al.*, 2014) aromas lácteos (OVERINGTON *et al.*, 2008; OVERINGTON *et al.*, 2011) e frutos do mar (MARTÍNEZ *et al.*, 2011; MARTÍNEZ *et al.*, 2013; BOURSEAU *et al.*, 2014). Um sistema de pervaporação surge como uma alternativa atraente para a indústria de alimentos do ponto de vista energético e de qualidade, uma vez que possibilita devido a operação em temperaturas amenas uma menor degradação de compostos termo sensíveis, como é o caso dos compostos voláteis presentes no café solúvel, além da não necessidade de adição de compostos químicos. Para uma aplicação industrial, a modelagem e a simulação do processo de pervaporação entram como uma ferramenta promissora para verificar a influência das variáveis de processo, possibilitando um maior

entendimento do processo e uma transição para a escala industrial. Neste contexto o presente trabalho tem como objetivo a modelagem e simulação do processo de pervaporação em regime transiente de quatro aromas majoritários do café solúvel.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Solução de Café Solúvel

Para o processo de pervaporação, foi utilizada como matéria prima um extrato aquoso de café solúvel, cedido pela Companhia Iguaçú de Café Solúvel, obtido na etapa de concentração na linha de produção do café solúvel. Este extrato, previamente caracterizado na empresa, apresentou características fisico-químicas semelhantes às da água que por sua vez, contribui com mais de 99% da composição do extrato, definindo um sistema multicomponente aquoso altamente diluído. Para a modelagem do processo de pervaporação foram selecionados quatro compostos voláteis: i) duas cetonas, 2,3-butanodiona (CAS n° 431-03-8) e 2,3-pentanodiona (CAS n° 600-14-6)e ii) dois aldeídos, 3-metilbutanal (CAS n° 590-86-3) e benzaldeído (CAS n° 100-52-7). Os dados experimentais em regime transiente e a caracterização da solução teste podem ser encontrados em Weschenfelder et. al. (2015).

### 2.2 Modelagem Matemática da Pervaporação em Regime Transiente

Um modelo em regime transiente para transferência de massa do processo de pervaporação para a recuperação de aromas do extrato industrial de café solúvel foi desenvolvido para a unidade experimental usada neste trabalho. O modelo apresentado é baseado nos balanços de massa no tanque de alimentação e nas regiões de alimentação e permeado do módulo de membranas levando em consideração a mudança de concentração dos compostos aromáticos na alimentação, resultando em um sistema de equações diferenciais ordinárias.

O fluxo de permeação dos compostos orgânicos através da membrana foi fundamentado no modelo de sorção-difusão, baseado em Martínez *et al.*, (2013), como define a Equação (1):

$$J_i = Q_{ov,i}\left(x_{F,i}\gamma_i^{\infty} p_i^{sat} - x_{P,i}P\right) \qquad (1)$$

onde Ji é o fluxo de permeação do componente i (mol/m$^2$.s); $Q_{ov,i}$ é a permeância do componente i (mol/m$^2$·s.Pa); $p_i^{sat}$ é a pressão de vapor do componente i (Pa); P é a pressão de permeado (Pa); $\gamma_i^{\infty}$ é o coeficiente de atividade em diluição infinita do componente i e $x_F$ e $x_P$ é a fração molar do componente i na alimentação e no permeado, respectivamente.

Para estimação dos coeficientes de atividade em diluição infinita, foi utilizado o método de contribuição de grupos UNIFAC-Dortmund (GMEHLING *et al.* 1993), através do software Chemcad 6.

Neste trabalho, o parâmetro permeância, Qov foi determinado, para cada composto i, através de um procedimento de estimação de parâmetros. O problema de estimação dos parâmetros de transferência de massa através da membrana pode ser assim descrito:

*minimizar*

$$F = \sum_{1}^{n}\left(x_{P_i \exp} - x_{P_i cal}\right)^2 \qquad (2)$$

*sujeito a*

$$\frac{dx_{\mathrm{F},i}}{dt} = \frac{1}{M}\left(F_2 - J_{tot}A\right)\left(x_{R,i} - x_{F,i}\right) \qquad (4.13)$$

$$\frac{dx_{\mathrm{R},i}}{dt} = \frac{1}{M_A}\left(F_2\left(x_{\mathrm{F},i} - x_{\mathrm{R},i}\right) + J_{tot}Ax_{\mathrm{R},i} - J_iA\right) \qquad (4.14)$$

$$\frac{dx_{\mathrm{P},i}}{dt} = \frac{1}{M_P}\left(J_iA - J_{tot}Ax_{\mathrm{P},i}\right) \qquad (4.15)$$

$$\frac{dM}{dt} = -J_{tot}A \qquad (4.16)$$

onde $F_2$ é a vazão mássica de alimentação [g/m$^3$]; M é a massa total [g]; $M_A$ e $M_P$ são as massas de amostra na alimentação e no permeado, respectivamente [g]; A é a área de membrana efetiva [cm$^2$]; $x_{R,i}$ é a fração mássica do retentado; $J_{tot}$ é o fluxo total de massa que atravessa a membrana [mol/m$^2$s] e xP,i,exp e xP,i,calc são as frações mássicas experimentais e calculadas dos compostos aromáticos no permeado, respectivamente.

Para realizar as simulações do modelo diferencial em regime transiente do processo de pervaporação, um código computacional foi implementado em linguagem FORTRAN 90 no compilador Intel Visual Fortran (Intel). Foi utilizado para integração do sistema de equações diferenciais o método de Runge Kutta de passo adaptado através da rotina rkqs (Press *et al.*, 1992). Para a estimação dos parâmetros, foi utilizado o algoritmo estocástico enxame de partículas (Particle Swarm Optimization – PSO (KENNEDY e EBERHART, 1995) com configurações e parâmetros internos adaptados de Da Ros, *et al.*, (2013). A estimação de parâmetros foi feita 5 vezes para cada problema.

As condições experimentais utilizadas para a modelagem do processo de pervaporação foram variadas para três temperaturas (293, 303 e 313 K), onde pressão de permeado e a vazão de alimentação foram fixadas em 300 Pa e 1,5 L/min, respectivamente.

## 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

As frações molares (convertidas das frações mássicas do modelo) de permeado experimentais e calculadas pelo modelo em regime transiente para os quatro compostos aromáticos da solução industrial de café solúvel em diferentes temperaturas de alimentação podem ser vistas na Figura 1:

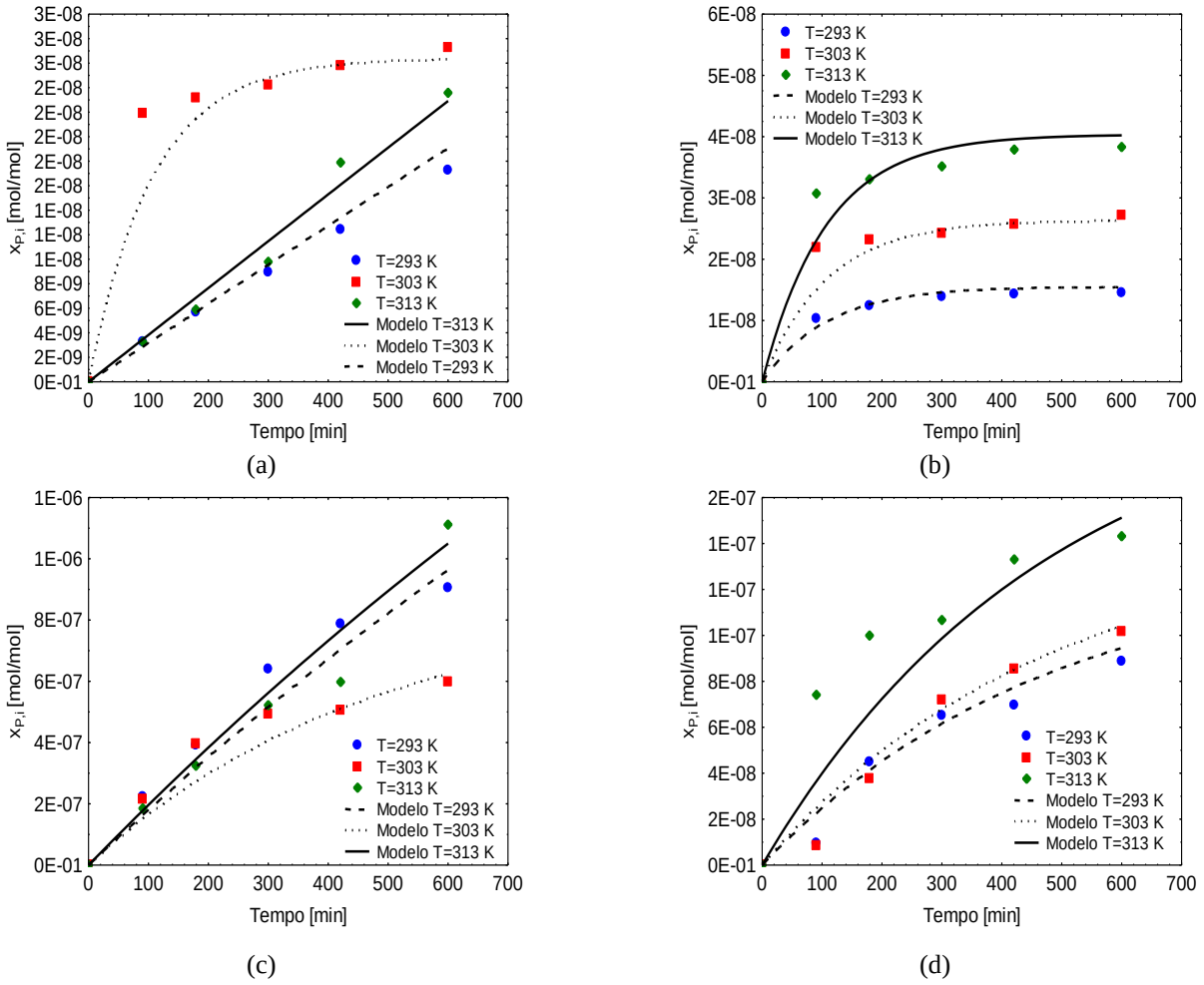



Figura 1 - Frações molares de permeado experimentais e calculadas pelo modelo em regime transiente a 300 Pa e vazão de 1,5 l/min para os compostos voláteis (a) 2,3-butanodiona, (b) 2,3-pentanodiona, (c) 3-metil butanal e (d) benzaldeído.

Analisando os resultados do ajuste do modelo mostrados na Figura 1 é possível verificar que todas as frações molares de permeado dos compostos aromáticos calculadas com o modelo proposto mostraram um ajuste satisfatório aos dados experimentais nas condições de temperaturas investigadas, com um valor de coeficiente de correlação (R) maior que 0,9 para todos os compostos, mostrados na Tabela 1. O composto 3-metil butanal foi o que apresentou o maior desvio para as três temperaturas estudadas. Os desvios associados podem estar relacionados à sua alta pressão de vapor, maior valor entre os aromas estudados. Entretanto, para confirmar esta hipótese, um estudo da dependência da pressão de vapor com a temperatura deveria ser realizado, fato este não investigado neste trabalho. O composto benzaldeído teve um maior desvio para a temperatura de 313 K. Observa-se também que os compostos voláteis do café solúvel apresentaram distintas dinâmicas para o ajuste do modelo, como por exemplo, o composto 2,3-pentanodiona, onde acredita-se que o mesmo atingiu o regime permanente antes do primeiro ponto experimental avaliado.

Tabela 1 - Coeficiente de correlação (R) do ajuste do modelo em regime transiente aos dados experimentais.

| **Compostos** | **Coeficiente de Correlação (R)** | | |
|---|---|---|---|
| | **293 K** | **303 K** | **313 K** |
| 2,3-butanodiona | 0,954 | 0,943 | 0,984 |
| 2,3-pentanodiona | 0,974 | 0,971 | 0,989 |
| 3-metil butanal | 0,998 | 0,992 | 0,982 |
| benzaldeído | 0,967 | 0,987 | 0,981 |

Cabe destacar que estas diferenças foram pontuais, não deixando dúvida sobre a eficiência do modelo desenvolvido para os compostos aromáticos estudados uma vez que foi satisfatória a tendência dos dados para todos os compostos, apesar das distintas classes químicas envolvidas, distintas massas molares e possível interação molécula/polímero. A Tabela 2 mostra os valores das permeâncias estimadas pelo modelo diferencial.

Tabela 2 - Permeâncias estimadas pelo modelo para as condições experimentais estudadas.

| **Compostos** | **Permeâncias Estimadas [mol/m$^2$sPa]** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Regime Permanente** | **Regime Transiente** | | |
| | | **293 K** | **303 K** | **313 K** |
| 2,3-butanodiona | 11,10 | 14,50 | 9,41 | 12,45 |
| 2,3-pentanodiona | 1,05 | 2,37 | 3,63 | 2,39 |
| 3-metil butanal | 3,73 | 2,09 | 3,72 | 2,09 |
| benzaldeído | 15,70 | 21,40 | 17,49 | 15,14 |

De acordo com a Tabela 2 é possível observar que os valores das permeâncias estimadas pelo modelo apresentam valores muito próximos aos encontrados no ajuste obtido com os experimentos em regime permanente. Este resultado confere credibilidade ao ajuste do modelo e ao procedimento de estimação dos parâmetros adotado, pois valores de permeância de mesma grandeza foram obtidos a partir de dados experimentais e ajuste distinto.

Em geral, não houve mudanças significativas no efeito da pressão sobre as permeâncias. Maiores mudanças foram observadas com a variação da temperatura, sendo que para os compostos 2,5-dimetil pirazina, os valores de permeabilidade duplicaram entre as temperaturas de 293 K e 313 K.

No que concerne a disponibilidade de dados experimentais de pervaporação em regime transiente, a literatura é muito escassa, principalmente no perfil de concentração de permeado, que não foi reportado até o momento. Assim, uma comparação com os perfis de permeado obtido neste trabalho não foi possível. Apesar disso, cabe ressaltar que os perfis de alimentação e retentado simulados no presente trabalho apresentaram tendência similar aos perfis reportados na literatura (SHE e HWANG, 2006, PEREIRA *et al.* 2010; MARTÍNEZ *et al.* 2013). Um ajuste satisfatório do modelo proposto às concentrações de permeado experimentais foi obtido, com a estimação dos valores de permeâncias dos compostos.

## 4. REFERÊNCIAS

BASSOLI, D. G., 2006. *Impacto aromático dos componentes voláteis do café solúvel.* Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos – Universidade Estadual de Londrina, Londrina PR.

BOURSEAU, P., MASSÉ, A., CROS, S., VANDANJON, L., JAOUEN, P., 2014. "Recovery of aroma compounds from seafood cooking juices by membrane process". *Journal of Food Engineering*, vol. 128, p. 157-166.

CATARINO, M.; FERREIRA, A.; MENDES, A., 2009. "Study and optimization of aroma recovery from beer by pervaporation". *Journal of Membrane Science*, v. 341, p. 51-59.

DA ROS, S., COLUSSO, G., WESCHENFELDER, T.A., TERRA, L.M., CASTILHOS, F. CORAZZA, M.L., SCHWAAB, M., 2013. "A comparison among stochastic optimization algorithms for parameter estimation of biochemical kinetic models". *Applied Soft Computing*, vol. 13, p. 2205-2214.

GARCÍA, V.; DIBAN, N.; GORRI, D.; KEISKI, R.; URTIAGA, A.; ORTIZ, I., 2008. "Separation and concentration of bilberry impact aroma compound from dilute model solution by pervaporation". *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 83, p. 973-982.

GMEHLING, J. LI, J., SCHILLER, M., 1993. "A modified UNIFAC model: Present parameter matrix and results for different thermodynamic properties". *Industrial Engineering and Chemical Research*, vol. 32, p. 178-193.

ISCI, A.; SAHIN, S.; SUMNU, G., 2006. "Recovery of strawberry aroma compounds by pervaporation". *Journal of Food Engineering*, v. 75, p. 36-42.

KARLSSON, H.O.E., LOUREIRO, S., TRAGARDH, G., 1995. "Aroma compound recovery with pervaporation – temperature effects during pervaporation of a muscat wine". *Journal of Food Engineering*, Vol. 26, p. 177-191.

KENNEDY, J., EBERHART, R.C., 1995. New optimizer using particle swarm optimization. *International Symposium on Micro Machine and Human Science*, Nagoya.

MARTINEZ, R.; SANZ, M.T.; BELTRAN, S., 2011. "Concentration by pervaporation of representative brown crab volatile compounds from dilute model solution". *Journal of Food Engineering*, v. 105, p. 98-104.

MARTÍNEZ, R., SANZ, M.T., BELTRÁN, S., 2013. "Concentration by pervaporation of brown crab volatile compounds from dilute model solutions: Evaluation of PDMS membrane". *Journal of Membrane Science*, vol. 428, p. 371-379.

OLMO, A., BLANCO, C.A., PALACIO, L., PRADANOS, P., HERNÁNDEZ, A., 2014. "Pervaporation methodology for improving alcohol-free beer quality through aroma recovery". *Journal of Food Engineering*, vol. 133, p. 1-8.

OVERINGTON, A.; WONG, M.; HARRISON, J.; FERREIRA, L., 2008. "Concentration of dairy flavor compounds using pervaporation". *International Dairy Journal*, v. 18, p. 835-848

OVERINGTON, A., WONG, M., HARRISON, J., 2011. "Effect of feed pH and non-volatile dairy components on flavor concentration by pervaporation". *Journal of Food Engineering*, vol. 107, p. 60-70.

PENG, M., LIU, S.X., 2003. "Recovery of aroma compounds from dilute model blueberry solution by pervaporation". *Journal of Food Science*, Vol. 68, n. 9, p. 2706-2710.

PEREIRA, C.C., RIBEIRO, C.P., NOBREGA, R., BORGES, C.P., 2006. "Pervaporative recovery of volatile aroma compounds from fruit juices". *Journal of Membrane Science*, 274, p.1-23.

PEREIRA, C.S.M., SILVA, V.M.T.M., PINHO, S.M. RODRIGES, A.E., 2010. "Batch and continuous studies for ethyl lactate synthesis in a pervaporation membrane reactor". *Journal of Membrane Science*, vol. 361, p. 43-55.

PRESS, W.H., FLANNERY, B.P., TEUKOLSKY, S.A., VETERLLING, W.T., 1992. "Numerical Recipes in FORTRAN – The Art of Scientific Computing". *Cambridge University Press*, 2nd ed., New York.

RAFIA, N.; AROUJALIAN, A.; RAISI, A., 2011. "Pervaporative aroma compounds recovery from lemon juice using poly (octilmetilsiloxane) membrane". *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 86, p. 534-540.

SHE, M., HWANG, S.T., 2006. "Recovery of key components from real flavor concentrates by pervaporation". *Journal of Membrane Science*, vol. 279, p. 86-93.

## 5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MODELAGEM DA CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DE GUABIJU EM REGIME TRANSIENTE

**Vanessa Barbieri Bombana**
**Andressa Franco Denti**
**Caroline Chies Polina**
**Diane Rigo**
**Carolina Elisa Demaman Oro**
**Tiago dos Santos Gonçalves**
**Geciane Toniazzo Backes**
**Rogério Luis Cansian**
Engenharia de Alimentos e Engenharia Química - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil. vanessabbombana@yahoo.com.br, andressa.franco98@hotmail.com, caroline.polina@outlook.com, dianerigo@hotmail.com, carolinae.oro@hotmail.com, tiago.santos@ifc.edu.br, gtoniazzo@uricer.edu.br, cansian@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A previsão das equações das taxas de secagem usadas na modelagem dos fenômenos de transferência de calor e massa são fundamentais no estudo da cinética, sendo assim feito o melhor ajuste aos dados experimentais O presente trabalho teve por objetivo modelar matematicamente a difusão de massa na secagem da polpa de guabiju em regime transiente com resistência externa desprezível. Foi calculado por métodos numéricos (bisseção) a solução da série a fim de encontrar o* $FO_M$ *(número de Fourier Mássico), para uma placa plana, através dos dados de tempo e dimensão da polpa. A espessura considerada foi de 0,1 cm e o tempo máximo de secagem estipulado para a realização dos cálculos foi de 135 minutos, devido a curva de umidade se tornar horizontal. Como resultado, encontrou-se um coeficiente de difusão da água de 2,59 x* $10^{-10}$ *m²/s com 98% de correlação com os dados experimentais, podendo ser utilizado para a predição de secagem nas condições de estudo.*

***Palavras-chave:*** *secagem, polpa, guabiju, modelagem matemática, bisseção.*

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de secagem é uma técnica de conservação de alimentos porque estes sofrem deterioração com o tempo. Durante o processo temos redução de peso devido à transferência de massa de água do interior para o exterior do alimento. Com a redução da água estamos a limitar o crescimento microbiano, além de aumentar o prazo de validade, reduzir os custos de transporte e armazenamento comparativamente aos produtos enlatados e congelados. O fato de não precisarem de refrigeração também contribui para a economia energética (Romero *et al.*, 1997).

Na área de secagem de alimentos, diversos estudos são realizados, os quais tem por foco a avaliação da cinética desse processo, procurando descrever a transferência de umidade do interior do sólido até a superfície, utilizando-se de modelos matemáticos para desenvolver essa simulação (Almeida, Silva e Vertuan, 2012).

Assim, observa-se que na área de desidratação a simulação dos dados, a cinética de secagem e os modelos matemáticos são essenciais no processo, proporcionando estratégias de ajuste com a escolha do melhor modelo e condições ideais. As pesquisas mostram o comportamento das variáveis, garantindo dessa forma a qualidade do produto (Silva, 2013).

*Myrcianthes pungens* é popularmente conhecida como guabiju, guabiroba-açu, guabira-guaçu, guajaraí-da-várzea e guavira-guaçu (Raseira *et al.*, 2004). O guabijuzeiro pode medir até 20 metros de altura, com tronco acinzentado e casca lisa. As folhas apresentam coloração verde brilhante e ápice espinhoso (Souza, 2010; Dalla Nora, 2012). Os frutos são pequenos, esféricos, aveludados e arroxeados quando maduros, contém uma a duas sementes grandes envolvidas por polpa espessa, amarelada e suculenta, apresenta um sabor doce agradável e de casca grossa. A espécie se propaga por meio das sementes, por animais ou plantio manual. O período de floração ocorre de setembro a outubro e a frutificação em janeiro e fevereiro (Romagnolo e Souza, 2004; Dalla Nora *et al.*, 2014).

Os frutos são amplamente consumidos in natura, ou transformados em compotas, geleias e sucos. O guabiju é muito cultivado em pomares domésticos na região Sul do país, mas pode ser utilizado na ornamentação de cidades ou plantio

misto como meio de conservação. Na medicina popular é utilizado principalmente por suas propriedades antidiarreicas, antiiflamatória e anestésico local, encontradas no óleo da folha de guabiju (Souza, 2010).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a secagem da polpa de guabiju através da modelagem matemática levando em consideração os parâmetros de transferência de massa envolvidos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Colheita e armazenamento dos frutos

Os frutos do guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand) foram colhidos no período de janeiro e fevereiro de 2018, nas coordenadas latitude: 27º 56' 12" S e longitude: 52º 25' 35" W. Uma amostra de galho com folhas e frutos foi incorporado no Herbário Pe. Balduíno Rambo (HPBR), na URI Erechim, sob o número de registro de exsicata 12156.

Imediatamente após a colheita, os frutos foram selecionados de forma manual e lavados em água potável corrente. Logo após, foram imersos em solução de NaClO a 200 ppm durante 15 minutos. Decorrido este período, os frutos lavados novamente e secos com auxílio de papel toalha. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno, e identificados com peso e data de colheita, e por fim, foram submetidos ao congelamento à – 20 ºC até o início das análises.

### 2.2 Secagem da polpa do guabiju

A secagem da polpa do guabiju, foi realizada em estufa com circulação de ar (Marca Marconi, modelo MA 037, Brasil). As amostras foram dispostas separadamente em papel alumínio e levadas à estufa a 80°C. A cinética de secagem da polpa foi acompanhada, através da perda de massa em relação ao tempo, pesando-se o material a intervalos regulares de 15 min até massa constante, em balança analítica (Toledo, modelo 9094-1), com 0,005g de precisão. Cada amostra continha aproximadamente 5 g. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

### 2.3 Modelagem da difusividade em regime transiente

Utilizou-se a difusão em regime transiente para atingir o objetivo deste estudo. Foi utilizado o programa *Excel 2016* com método das tangentes para avaliar o tempo adimensional em cada ponto experimental. A difusão foi obtida pela média de cada difusão calculada em pontos experimentais.

Para uma placa plana a Equação 1 apresenta a solução para o seu transporte de massa em regime transiente com resistência externa desprezível e os primeiros termos da série estão descritos na Tab. 1. O transporte de massa transiente com resistência externa desprezível apresenta solução por série, com apenas a diferenciação em torno da geometria do corpo. Foi calculado por métodos numéricos (bisseção) a solução da série a fim de encontrar o $FO_M$ (número de Fourier Mássico) (Equação 2) através dos dados de tempo e dimensão da polpa. O coeficiente de difusão de massa da água na polpa foi calculado mediante a média entre os pontos para criar o modelo (Cremasco, 2012). A espessura de polpa considerada foi de 0,1 cm e o tempo máximo de secagem estipulado para a realização dos cálculos foi de 135 minutos, devido a curva de umidade se tornar horizontal, ou seja, sem difusão de massa considerável, indicando ser água de ligação.

$$\theta_M = \frac{C_O(t) - C_S}{C_i - C_S} = 2\sum_{i=0}^{n}\left(\frac{1}{\lambda_i^{\,2}}\right)e^{-\lambda_i^{\,2}\tau} \tag{1}$$

$$\tau = Fo_M = \frac{D_{AB}xt}{L_C^{\,2}} \tag{2}$$

Sendo: $C_O$ (t) = Concentração mássica do soluto no centro da placa ao final do tempo t (umidade da polpa); $C_S$ = Concentração mássica do solução na solução externa (umidade do ar); $C_i$ = Concentração mássica do solução ao início do processo (umidade da polpa); $D_{AB}$ = Difusão mássica do solução no corpo (m²/s); t = Tempo de processo (segundos); $L_C$ = Espessura da placa (m); $\lambda_i$ = Raízes da solução analítica do transporte de massa em coordenada cartesiana (tabela 1); $Fo_M$ = Tempo de Fourier para o transporte de massa (adimensional).

Tabela 1. Coeficientes para a solução da Equação 1.

| i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda_i$ | 1,5708 | 4,7124 | 7,8540 | 10,9956 | 14,1372 | 17,2788 | 20,4204 | 23,5619 | 26,7035 | 29,8451 | 32,9867 |
| $\lambda_i^2$ | 2,4674 | 22,2066 | 61,6850 | 120,9027 | 199,8595 | 298,5555 | 416,9908 | 555,1652 | 713,0789 | 890,7318 | 1088,1329 |

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados experimentais, estimou-se um coeficiente de difusão da água de 2,59 x $10^{-10}$ m²/s. A Figura 1 apresenta o resultado experimental comparado com o calculado utilizado o Modelo Difusional. Observa-se que os valores se encontram em concordância com o modelo calculado. Corrobora com esse resultado o valor de correlação de Pearson (Figura 2), que obteve um $R^2$=0,9805.

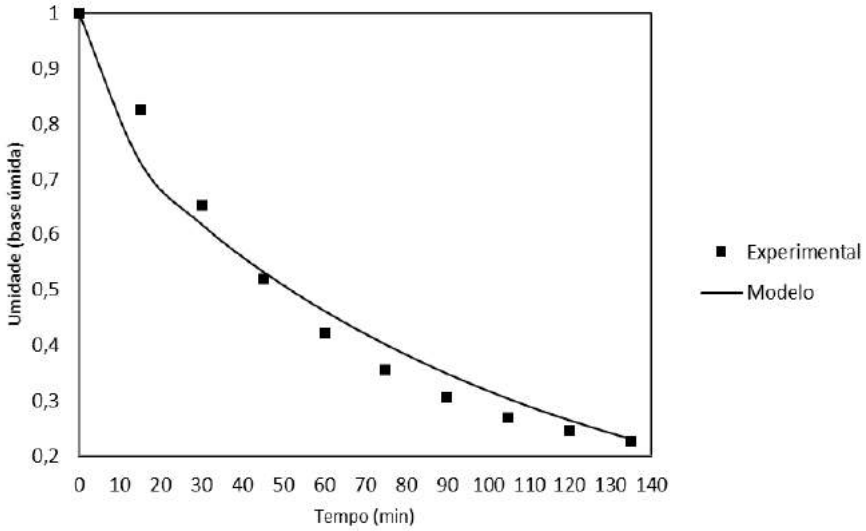



Figura 1. Ajuste do Modelo Difusional aos dados experimentais de casca de guabiju desidratada em estufa.

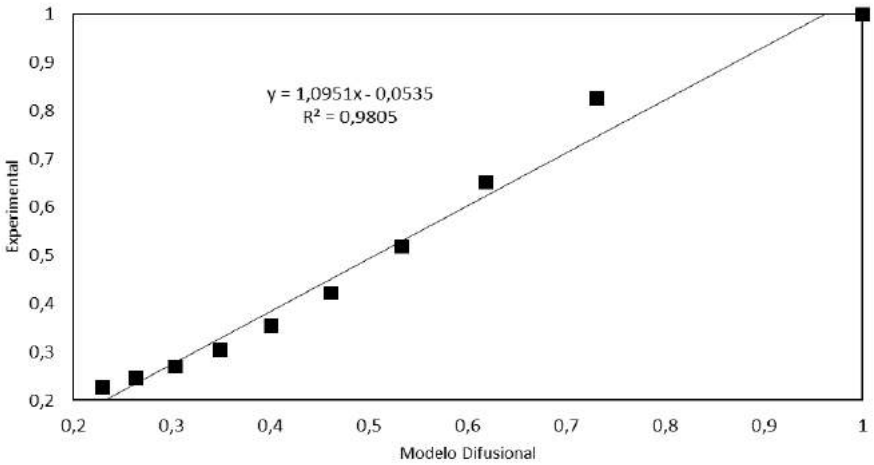



Figura 2. Correlação de Pearson para o Modelo Difusional e os dados experimentais.

Ferreira *et al.* (2012), para descrever o comportamento da secagem de uva para placas planas, assumiram que a migração da umidade ocorre somente por difusão, que o encolhimento é insignificante, e que os coeficientes de difusão

e a temperatura são constantes em estufa. Os valores médios da difusividade efetiva encontrados foram de 1,3250 x $10^{-9}$ m²/s para a temperatura de 60ºC, com $R^2$ igual a 0,921.

Machado *et al.* (2012), estudando a secagem de caju em sistemas convencional e solar, aplicou modelagem com a solução analítica da equação de Fick, em placa plana para determinar o coeficiente de difusão. Foram encontrados encontraram valores de difusividade na faixa de 3,19 x $10^{-9}$ m²/s, em temperatura de 65ºC, com 2cm de espessura da fatia. Assim, o Modelo Difusional descreveu satisfatoriamente o processo experimental com $R^2$ superior a 98%.

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram tendo-se níveis superiores a 98% de coeficientes de correlação aos dados experimentais para a secagem da polpa de guabiju para o modelo testado. Estimou-se um coeficiente de difusão da água de 2,59 x $10^{-10}$ m²/s, para o transporte de massa em regime transiente com resistência externa desprezível, mostrando potencial de aplicação para *scale up* em nível industrial.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

Almeida, L. W.; Silva, K. P.; e Vertuan, R. E. 2012. *Modelagem Matemática na Educação Básica*. São Paulo: Contexto, 157 p.

Cremasco, M.A. 2012. *Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos*. São Paulo: Editora Blücher.

Dalla Nora, C. 2012. *Caracterização, atividade antioxidante "in vivo" e efeito do processamento na estabilidade de compostos bioativos de araçá vermelho e guabiju.* Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 96 f.

Dalla Nora, C.; Muller, C.D.; Bona, G.S. Rios, A.O.; Hertz, P.F.; Jablonski, A.; Jong, E.V. and Flôres, S.H. 2014. "Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleyanum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*)". *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 34, n. 1, p. 18-25.

Detoni, E. 2015. *Caracterização físico-química do Guabiju (Myrcianthes pungens) e métodos de conservação pós colheita.* Monografia de especialização. Francisco Beltrão.

Ferreira, L.F.D.; Pirozi, M.R.; Ramos, A.M. e Pereira, J. A. M. 2012. "Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado". *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, Vol. 47, n.6, p.855-862.

Machado, A.V.; Oliveira, E.L.; Oliveira, J.A.; Souza, D.F.S. and Freitas, L.M. 2012. "Modeling and simulation of the solar drying of cashew pulp". *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.* Mossoró – RN, Vol. 7, n. 3, p. 94- 101.

Raseira, M.C.B.; Gonçalves, E.D.; Trevisan, R. e Antunes, L.E.C. 2004. Aspectos técnicos da cultura da framboeseira. *Pelotas: Embrapa Clima Temperado*, 24p.

Romagnolo, M.B. e Souza, M.C. 2004. "Os gêneros Calycorectes O. Berg, Hexachlamys O. Berg, Myrcianthes O. Berg, Myrciaria O. Berg e Plinia L. (Myrtaceae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil". *Acta Botanica Brasilica*, Vol. 18, n. 3, p. 613-27.

Romero, J.T.; Gabas, A.L.; Yamashita, F.; Telis, V.R.N. e Menegalli, F.C. 1997. Secagem de produtos alimentícios, São José do Rio Preto: *UNESP*, p. 58, 1997.

Silva, B.G. 2013. *Modelagem e simulação do processo de secagem dos frutos de aroeira vermelha (Schinus terebinthifolius Raddi).* Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

Souza, L.S. 2010. *Caracterização de frutos e propagação vegetativa de guabijuzeiro Myrcianthes pungens (o.Berg) d.Legra*nd. 112 f. Dissertação (mestrado) – Pós-graduação em Fitotecnia com ênfase em Horticultura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE SECAGEM DA CASCA DE GUABIJU EM REGIME TRANSIENTE COM RESISTÊNCIA EXTERNA DESPREZÍVEL

**Vanessa Barbieri Bombana**
**Andressa Franco Denti**
**Caroline Chies Polina**
**Diane Rigo**
**Carolina Elisa Demaman Oro**
**Tiago dos Santos Gonçalves**
**Geciane Toniazzo Backes**
**Rogério Luis Cansian**
Engenharia de Alimentos e Engenharia Química - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil. vanessabbombana@yahoo.com.br, andressa.franco98@hotmail.com, caroline.polina@outlook.com, dianerigo@hotmail.com, carolinae.oro@hotmail.com, tiago.santos@ifc.edu.br, gtoniazzo@uricer.edu.br, cansian@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A cinética de secagem é o acompanhamento da variação do teor de água em relação ao tempo. Este procedimento, ao ser modelado, propicia que se avalie o processo em relação ao uso energético e ao estudo das transferências de calor e massa. O presente trabalho teve por objetivo modelar matematicamente a difusão de massa na secagem da casca de guabiju em regime transiente com resistência externa desprezível. Foi calculado por métodos numéricos (bisseção) a solução da série a fim de encontrar o* $FO_M$ *(número de Fourier Mássico) através dos dados de tempo e dimensão da casca. A espessura de casca considerada foi de 0,04 cm e o tempo máximo de secagem estipulado para a realização dos cálculos foi de 240 minutos, devido a curva de umidade se tornar horizontal. Como resultado, encontrou-se um coeficiente de difusão da água de* $4{,}79 \times 10^{-12}$ *m²/s com 99% de correlação com os dados experimentais, podendo ser utilizado para a predição de secagem nas condições de estudo.*

***Palavras-chave:*** *secagem, guabiju, Fourier mássico, bisseção, difusividade.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande diversidade de frutos silvestres, os quais são fonte de vitaminas, antioxidantes e óleos essenciais, destacando-se pelo potencial alimentar podendo ser comercializados ou utilizados para desenvolvimento de novos produtos. Deste modo, houve um aumento nas pesquisas nessas áreas a fim de atender a demanda das indústrias alimentícias, cosméticas e farmacêuticas (Dalla Nora *et al.*, 2014; Reis *et al.*, 2016).

O guabiju (*Myrcianthes pungens* O.Berg D. Legrand) é um fruto nativo do Rio Grande do Sul, com ocorrência desde São Paulo até a Região Sul do país, incluindo países vizinhos. O fruto possui polpa amarelada de sabor doce, com uma a duas sementes, casca grossa e aveludada de coloração roxa, a árvore mede cerca de 20 metros e a frutificação ocorre de janeiro a fevereiro (Detoni, 2015).

Devido ao curto período de frutificação do guabiju, faz-se necessário buscar meios de conservação para este fruto, a desidratação é uma técnica que busca preservar o alimento pela remoção da umidade por evaporação, fazendo com que o mesmo esteja disponível o ano todo, independente da safra do fruto (Meloni, 2003).

O método de desidratação mais comum empregado para produtos alimentares é o processo de ar quente em que o sólido a ser desidratado é exposto continuamente a uma corrente de ar aquecido. A desidratação consiste na etapa final de um processo industrial de alimentos, o qual determina, em grande medida, a qualidade final do produto, a ser fabricado (Jorge *et al.*, 2013).

Na desidratação, a redução do teor de água ocorre quando há a elevação da concentração de açúcares, ácidos, sais e outros constituintes ao ponto de que haja a redução da atividade de água, inibir o crescimento de microrganismos e minimizar a taxa de reações químicas ou enzimáticas degradativas (Meloni, 2003; Marcinkowski, 2006).

Para que o processo seja efetivo, torna-se indispensável a otimização das condições da operação de secagem, em especial a temperatura, com o intuito de que o processo e a qualidade final do produto seco sejam eficientes (Banga *et al.*, 2003; Rodrigues, 2018). Além de reduzir a atividade de água do alimento seco, também há redução de peso e

volume do mesmo, o que confere uma vantagem econômica associada à operação de secagem, assim têm-se menores custos de transporte e armazenamento (Marcinkowski, 2006).

A modelagem matemática constitui-se num conjunto de procedimentos, cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar matematicamente, os fenômenos presentes em determinados processos. Segundo Chapra (2013), um modelo matemático pode ser definido como uma equação, a qual expressa características essenciais de um processo físico em termos matemáticos, ou seja, há uma relação em que, a variável dependente será igual à função das variáveis independentes, parâmetros e influências externas. Nesse sentido, a variável dependente é uma característica, e as variáveis independentes são dimensões como tempo e espaço, já os parâmetros refletem as propriedades do sistema, enquanto as influências externas que agem sobre o sistema são denominadas de funções físicas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo modelar matematicamente a difusão de massa na secagem da casca de guabiju em regime transiente com resistência externa desprezível.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Colheita e armazenamento dos frutos

Os frutos do guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand) foram colhidos no período de janeiro e fevereiro de 2018, nas coordenadas latitude: 27º 56' 12" S e longitude: 52º 25' 35" W. Uma amostra de galho com folhas e frutos foi incorporado no Herbário Pe. Balduíno Rambo (HPBR), na URI- Erechim, sob o número de registro de exsicata 12156.

Imediatamente após a colheita, os frutos foram selecionados de forma manual e lavados em água potável corrente. Logo após, foram imersos em solução de NaClO a 200 ppm durante 15 minutos. Decorrido este período, os frutos lavados novamente e secos com auxílio de papel toalha. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno, e identificados com peso e data de colheita, e por fim, foram submetidos ao congelamento à – 20 ºC até o início das análises.

### 2.2 Secagem da casca do guabiju

A desidratação da casca do guabiju, foi realizada em estufa com circulação de ar (Marca Marconi, modelo MA 037, Brasil). As amostras foram dispostas separadamente em papel alumínio e levadas à estufa a 80°C.

A cinética de secagem da casca foi acompanhada, através da perda de massa em relação ao tempo, pesando-se o material a intervalos regulares de 15 min até massa constante, em balança analítica (Toledo, modelo 9094-1), com 0,005g de precisão. Cada amostra continha aproximadamente 5 g. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

### 2.3 Modelagem da difusividade de massa

Utilizou-se a difusão em regime transiente para atingir o objetivo deste estudo, com o escopo de que a modelagem matemática seja eficiente para explicar e contribuir para representar a etapa de desidratação da casca de guabiju, predizendo o processo. Foi utilizado o programa *Excel 2016* com método das tangentes para avaliar o tempo adimensional em cada ponto experimental. A difusão foi obtida pela média de cada difusão calculada em pontos experimentais.

Para uma placa plana a Equação 1 apresenta a solução para o seu transporte de massa em regime transiente com resistência externa desprezível e os primeiros termos da série estão descritos na Tabela 1. O transporte de massa transiente com resistência externa desprezível apresenta solução por série, com apenas a diferenciação em torno da geometria do corpo. Foi calculado por métodos numéricos (bisseção) a solução da série a fim de encontrar o $FO_M$ (número de Fourier Mássico) (Equação 2) através dos dados de tempo e dimensão da casca. O coeficiente de difusão de massa da água na casca foi calculado mediante a média entre os pontos para criar o modelo (Cremasco, 2012). A espessura de casca considerada foi de 0,04 cm e o tempo máximo de secagem estipulado para a realização dos cálculos foi de 240 minutos, devido a curva de umidade se tornar horizontal, ou seja, sem difusão de massa considerável, indicando ser água de ligação.

$$\theta_M = \frac{C_O(t) - C_S}{C_i - C_S} = 2\sum_{i=0}^{n}\left(\frac{1}{\lambda_i^{\,2}}\right)e^{-\lambda_i^{\,2}\tau} \tag{1}$$

$$\tau = Fo_M = \frac{D_{AB}xt}{L_C^{\,2}} \tag{2}$$

Sendo: $C_O$ (t) = Concentração mássica do soluto no centro da placa ao final do tempo t (umidade da casca); $C_S$ = Concentração mássica do solução na solução externa (umidade do ar); $C_i$ = Concentração mássica do solução ao início do processo (umidade da casca); $D_{AB}$ = Difusão mássica do solução no corpo (m²/s); t = Tempo de processo (segundos); $L_C$ = Espessura da placa (m); $\lambda_i$ = Raízes da solução analítica do transporte de massa em coordenada cartesiana (tabela 1); $Fo_M$ = Tempo de Fourier para o transporte de massa (adimensional).

Tabela 1. Coeficientes para a solução da Equação 1.

| **i** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda_i$ | 1,5708 | 4,7124 | 7,8540 | 10,9956 | 14,1372 | 17,2788 | 20,4204 | 23,5619 | 26,7035 | 29,8451 | 32,9867 |
| $\lambda_i^2$ | 2,4674 | 22,2066 | 61,6850 | 120,9027 | 199,8595 | 298,5555 | 416,9908 | 555,1652 | 713,0789 | 890,7318 | 1088,1329 |

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados experimentais, estimou-se um coeficiente de difusão da água de 4,79 x $10^{-12}$ m²/s. A Figura 1 apresenta o resultado experimental comparado com o calculado utilizado o Modelo Difusional. Observa-se que os valores se encontram em concordância com o modelo calculado. Corrobora com esse resultado o valor de correlação de Pearson (Figura 2), que obteve um $R^2$=0,9926.

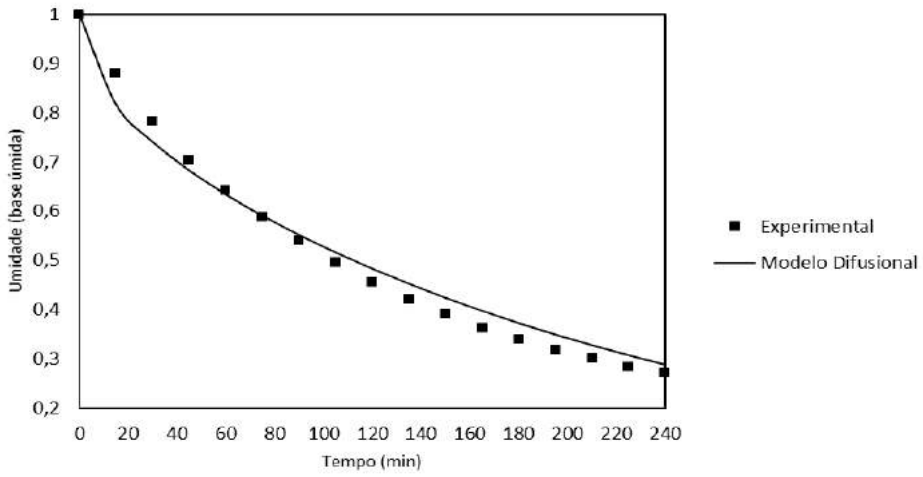



Figura 1. Ajuste do Modelo Difusional aos dados experimentais de casca de guabiju desidratada em estufa.

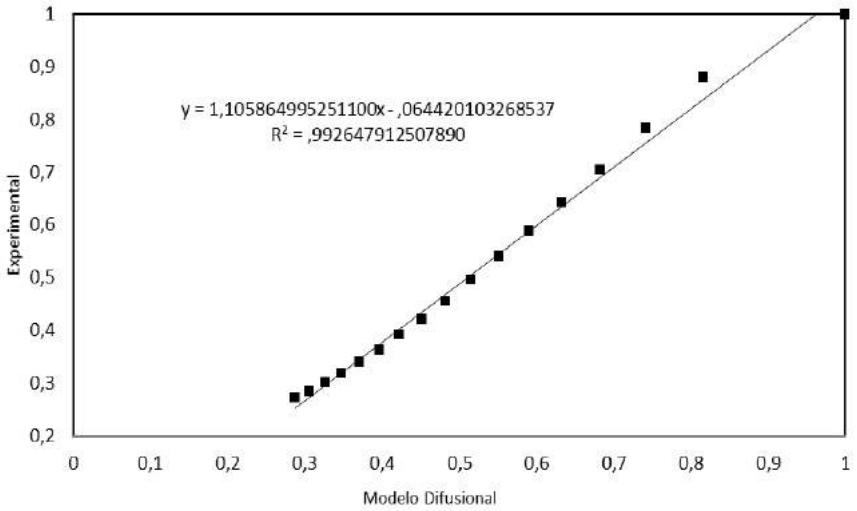



Figura 2. Correlação de Pearson para o Modelo Difusional e os dados experimentais.

El-Aouar *et al*. (2003), utilizaram a modelagem de desidratação de mamão com temperatura de 60ºC, através do Modelo Difusional, para uma geometria de placa plana infinita. No entanto, salientam que a comparação entre dados de difusividade efetiva reportadas na literatura é uma tarefa difícil, em função dos diferentes métodos de estimativa e modelos utilizados associados às variações das composições dos alimentos, assim como sua estrutura física.

Santos *et al.* (2010), realizaram a secagem de carambolas com 3mm de espessura, em estufa utilizando a temperatura de 60ºC, representando com o modelo de Fick, para determinar a *Def*, como também, ajustando aos dados experimentais por meio de regressão não-linear, sendo que os pesquisadores encontraram valores de $R^2$ 0,98 e D*ef* $1{,}12x10^{-7}m^2/s$.

Zogzas, Mauroulis e Marinos-Kouris (1996) reportaram que os valores de difusividade efetiva para produtos agrícolas se encontram na faixa de $10^{-11}$ a $10^{-9}$ m²/s. Estes valores amparam e validam os valores calculados pelo modelo apresentado no presente trabalho.

## 4. CONCLUSÃO

A curva de secagem foi desenvolvida em metodologia padronizada, gerando resultados que permitiram a modelagem matemática, tendo-se níveis superiores a 99% de coeficientes de correlação aos dados experimentais para a secagem da casca de guabiju. Estimou-se um coeficiente de difusão da água de 4,79 x $10^{-12}$ m²/s, para o transporte de massa em regime transiente com resistência externa desprezível.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro e infraestrutura.

## 6. REFERÊNCIAS

Banga, J.; Balsa-Canto, E.; Moles, C.; Alonso, A. 2003. Improving food processing using modern optimization methods. *Trends in Food Science and Technology*, v. 14. n. 4. p. 131-144.

Chapra, S. C. 2013. *Métodos numéricos aplicados com MATLAB para engenheiros e cientistas*. 3, ed. Porto Alegre: Mc Graw Hill.

Cremasco, M.A. 2012. Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos. São Paulo: Editora Blücher.

Dalla Nora, C.; Muller, C.D.; Bona, G.S. Rios, A.O.; Hertz, P.F.; Jablonski, A.; Jong, E.V.; Flôres, S.H. 2014. Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleyanum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 34, n. 1, p. 18-25.

Detoni, E. 2015. *Caracterização físico-química do Guabiju (Myrcianthes pungens) e métodos de conservação pós colheita*. Monografia de especialização. Francisco Beltrão.

El-Aouar, Â. A.; Azoubel, P. M.; Murr, F. E. X. 2003. Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya (Carica papaya L.). *Journal of Food Engineering*. v. 59, n. 1, p. 85-91.

Jorge, A.; Kubaski, E. T.; Almeida, D. M.; Tebcherani, S. M. 2013. A gestão de processos como alternativas para processos de secagem de tomate. In*: XXXIII Encontro Nacional de engenharia de produção: a gestão dos processos de produção e as parcerias globais para o desenvolvimento sustentável dos sistemas produtivos*. Salvador, BA, Brasil, 8-11 out.

Marcinkowski, E. DE A. 2006. *Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja*. Dissertação de Mestrado- Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Química, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre.

Meloni, P. L. S. *Desidratação de frutas e hortaliças*. 2003. 87 f. Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria – Frutal. Fortaleza/Ceará.

Reis, L. C. R.; Beranardi, J. R.; Silva, A. C. P.; Facco, E. M. P. 2016. Análise da composição nutricional e estabilidade de compostos fenólicos e antocianinas totais do guabiju (*Myrcianthes pungens*). *Brazilian Journal of Food Research*, v. 7, n 1, p. 89-104.

Rodrigues, M. C. K. 2018. *Estudo da secagem e avaliação das propriedades físico-químicas e antioxidants da casca da banana verde (*Musa spp*)*. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Erechim.

Santos C. T.; Bonomo, R. F.; Chaves, M. A.; Fontan, R. C. I.; Bonomo, P. 2010. Cinética e modelagem da secagem de carambola (Averrhoa carambola L.) em secador de bandeja. *Acta Scientiarum.Technology*, Maringá, v. 32, n. 3, p. 309-313.

Zogzas, N. P.; Maroulis, Z. B.; Marinos-Kouris, D. 1996. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. *Drying Technology*, New York, v. 14, n. 10, p. 2225-2253.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.

CONIGTI

# Engenharia de Produção:

# Projeto de Fábrica

# Instalações Industriais

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PRÉ-DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE ECONÔMICA DE UMA INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE ABACATE

**Dupont, Gabriele Kuhn**
**Hahn, Cláudia Luísa**
**Diel, Júlia Cristina**
**Sallet, Keli Taís**
**Peres, Enrique Chaves**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Rua Universidade das Missões, 464 – CEP: 98802-470 – Santo Ângelo – RS – Brasil.
gabrielekdupont@aluno.santoangelo.uri.br
claudialhahn@aluno.santoangelo.uri.br
juliacdiel@aluno.santoangelo.uri.br
kelitsallet@aluno.santoangelo.uri.br
enriquecperes@gmail.com

**Resumo.** *O óleo de abacate destaca-se pela sua qualidade nutricional, o qual pode auxiliar no controle de doenças cardiovasculares. As variedades de abacate Hass, por tratarem-se de frutos pequenos e com alto teor de óleo, foram utilizados para a execução deste pré-projeto. Posto isso, este trabalho tem como objetivo principal, o estudo conceitual de um pré-dimensionamento e análise econômica de uma indústria de extração de óleo de abacate bruto na microrregião de Santa Rosa, a partir da polpa, da variedade Hass. Para isso, realizaram-se balanços de massa e energia e após foram analisadas as dimensões dos equipamentos para verificar os custos de investimento pelo método de equipamentos entregues. Inicialmente, estimou-se uma produção de óleo bruto de 29,808 kg.h$^{-1}$, com base no público alvo da região e verificou-se que para essa demanda são necessários 315,331 kg.h$^{-1}$ de abacates na corrente inicial do processo. Pode-se averiguar também, com o dimensionamento dos equipamentos e com essa produção, que o custo total do produto sem depreciação correspondeu a $ 19,5 milhões por ano e que, a indústria operando com 80% e 100% de sua capacidade, tem um retorno de investimento em 0,6 e 0,5 anos, respectivamente, apresentando-se como um estudo de âmbito inovador e viável.*

***Palavras-chave:*** *Óleo de abacate bruto, extração sólido-líquido, pré-dimensionamento, avaliação econômica.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil, segundo dados da FAO (2018), é o oitavo maior produtor mundial de abacate, com uma produção de 195,5 mil toneladas em 2016, correspondente a 3,2% da produção mundial. As variedades de abacates mais cultivadas e comercializadas no país para exportação, por apresentarem frutos pequenos com alto teor de óleo, são *Fuerte* e *Hass*. Este último, tem se destacado nos últimos anos pelo aumento na sua produção, principalmente para o mercado europeu. A variedade *Hass* trata-se de um fruto oval a piriforme, com massa média entre 180 e 300 gramas e de cor marrom escuro quando maduro (Schaffer *et al.*, 2013).

O óleo de abacate tem uma excelente combinação de lipídios, fitoquímicos, vitaminas, antioxidantes e ômegas fundamentais para a saúde. Dentre essas substâncias, encontram-se também valores importantes de Fitoesteróis totais e Tocoferóis totais, de aproximadamente 443,1 mg.100g$^{-1}$ e 21,8 mg.100g$^{-1}$ (Barros, 2015). Ainda, conforme Lopes (2015), o óleo de abacate é também, fonte de vitamina E, que tem como característica principal, de amaciar e hidratar a pele em conjunto com os antioxidantes, que auxiliam na redução de rugas e sinais de envelhecimento.

Na indústria alimentícia, o óleo de abacate, além de atuar como antioxidante, de acordo com Moreau e Kamal-Eldin (2009), é empregado em substituição ao óleo de oliva, por conter pelo menos 60% de ácidos graxos monoinsaturados, e aproximadamente 10 % de poli-insaturados. Esses ácidos graxos, têm em sua composição vários componentes como o ácido palmítico, o ácido palmitoleico, o ácido esteárico, ácido linoleico, o ácido linolênico e em sua maioria encontra-se o óleo oleico. De acordo com Barros (2015), Santana *et al.* (2015) e Oliveira (2011), a variedade *Hass* apresenta correspondentemente, uma proporção de ácido oleico de 46,1, 46,2 e 64,74% dos ácidos graxos totais.

Em consequência a participação dos ácidos graxos em sua composição, o óleo de abacate, se destaca pela sua excelente qualidade nutricional, podendo ser introduzido na alimentação para auxiliar no controle das doenças cardiovasculares e doenças crônicas (Salgado *et al*., 2008). De acordo com o FDA (2017), é necessário para uma alimentação balanceada, o consumo diário de 2 colheres de sopa de azeite de abacate, que é o equivalente a 23 gramas.

O óleo de abacate enquanto bruto, é extraído da polpa do fruto e posteriormente pode sofrer outros processos, com finalidade principal de ser direcionado para o mercado culinário. O volume de óleo de abacate mundialmente produzido ou comercializado é de certa forma ainda pequeno se comparado com outros óleos, de aproximadamente 2000 toneladas anualmente. Isto ocorre, em decorrência de que os processos utilizados para a extração do óleo de abacate interferem na sua composição e consequentemente em suas propriedades. Desta forma, há uma constante busca por metodologias que forneçam um óleo de qualidade em relação às suas características sensoriais e químicas, com um baixo custo (Moreau; Kamal-Eldin, 2009).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo principal, o estudo conceitual por meio de pesquisas para o pré-dimensionamento de uma indústria de extração de óleo de abacate bruto na microrregião de Santa Rosa, a partir da polpa, da variedade *Hass*, tendo em vista a produção para a população de hipertensos nessa região e, efetuar uma avaliação econômica, relacionando os custos totais do investimento.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Metodologia de pesquisa empregada

As pesquisas realizadas neste trabalho em relação ao ponto de vista de seus objetivos, pode ser dita como exploratória por envolver levantamento bibliográfico referente ao tema escolhido, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, tendo como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições a respeito do planejamento e de como devem operar as etapas de produção desta indústria de interesse (Gil, 2010).

O enfoque da pesquisa é quantitativa, pois utiliza de números, recursos, técnicas estatíticas e opiniões para classificar e analisar as informações. Estas, podem ser utilizadas para verificar as dimensões dos equipamentos nesta indústria de interesse a partir de cálculos de balanços de massa e energia. Em relação aos procedimento técnicos, a pesquisa pode ser considerada como bibliográfica, pois é elaborada a partir de material publicado, como livros, artigos, livros e também de material disponibilizado na internet, os quais auxiliam na busca por informações, comparando-se e fazendo-se uso de ideias semelhantes apontadas por outros pesquisadores (Kauark *et al.* (2010).

### 2.2 Balanços de massa e energia e dimensionamento dos equipamentos

Para realizar o dimensionamento dos equipamentos necessários para a produção de óleo de abacate bruto, estimou-se primeiramente, uma produção mensal de óleo de abacate, para atender o público alvo, o qual foi calculado com base na população da microrregião de Santa Rosa, local aonde será instalado a indústria, que trata-se da população de hipertensos existentes, os quais são os consumidores principais do produto, devido aos seus benefícios nutricionais.

Partindo-se dessa produção e da Fig. 1, que apresenta os equipamentos estabelecidos neste trabalho, seguindo-se a metodologia apresentada por Salgado *et al.* (2008), para produzir óleo de abacate via extração sólido-líquido, empregando-se etanol como solvente, realizaram-se balanços de massa e energia.

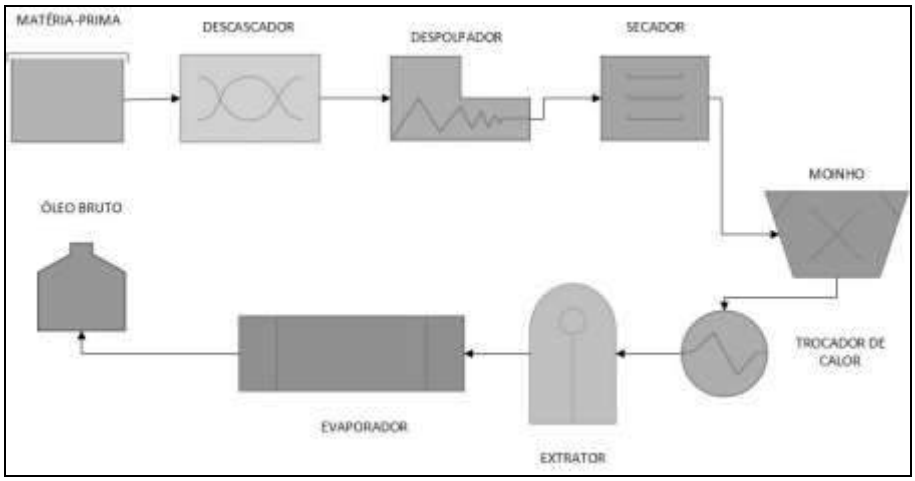



Figura 1. Processo de extração de óleo de abacate

Os balanços de massa foram calculados para todos os equipamentos, iniciando-se pelo final do processo, uma vez que já foi calculado a produção mensal da empresa com base na provável população consumidora da região a ser instala a indústria. Assim, o balanço de massa iniciou-se, pelo evaporador, seguido do extrator, do moinho, do secador, do despolpador e por fim, do descascador. Em todos os equipamentos considerou-se a equação geral do balanço de massa global, indicada pela Eq. (1).

$$Entrada - Saída + Geração - Consumo = Acúmulo \tag{1}$$

O balanço de energia foi realizado para os equipamentos de secagem, extração e evaporação, já que ocorre troca de temperatura nesses processos, considerando-se as entradas e saídas calculadas no balanço de massa em um sistema operando a pressão constante. Para isso, considerou-se que a polpa de abacate entra no secador a uma temperatura ambiente de 25 °C e com o ar de aquecimento entrando a 55 °C, a polpa seca sai também a 55 °C. Após, a polpa já seca é moída a temperatura ambiente, e assim passa a ter novamente 25 °C quando entra no extrator. Para a extração utiliza-se de etanol a 60 °C e desta forma, a corrente que sai do extrator apresenta uma temperatura média de 42,56 °C. Essa corrente de óleo e etanol entra no evaporador na mesma temperatura e sai a 80 °C, temperatura aproximada a que o etanol evapora. Diante dessas temperaturas, os dados de calor específico do etanol, do ácido oleico e da água, bem como a entalpia do ácido oleico, foram encontrados na literatura de Yaws (1999). Já as entalpias do etanol e da água e o calor específico do carbono foram obtidos da literatura de Smith *et al.* (2007). Para todos os equipamentos enquadrados no balanço de energia, considerou-se a Eq. (2).

$$\begin{pmatrix} Taxa\ de\ energia\ interna, cinética \\ e\ potencial\ que\ entram\ no\ E.V. \\ por\ advecção\ e/ou\ difusão \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Taxa\ de\ energia\ interna, cinética \\ e\ potencial\ que\ saem\ no\ E.V. \\ por\ advecção\ e/ou\ difusão \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Taxa\ líquida\ de\ calor \\ adicionado\ ao\ E.V. \\ por\ condução\ e\ radiação \end{pmatrix}$$
$$+ \begin{pmatrix} Taxa\ de \\ geração\ de \\ calor\ no\ E.V. \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Taxa\ líquida\ de \\ trabalho\ feito\ pelo \\ E.V.\ nas\ vizinhanças \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Taxa\ de\ variação\ de \\ energia\ interna, cinética \\ e\ potencial\ no\ E.V. \end{pmatrix} \tag{2}$$

Posteriormente, para fins de cálculo do dimensionamento dos equipamentos, utilizou-se dos resultados encontrados nos balanços de massa e energia, utilizando da literatura de Peters *et al*. (2003).

### 2.3 Estimativa dos custos de investimento

Para verificar a os custos de investimento dessa indústria, utilizou-se do método de estimação dos custos de equipamentos entregues, para uma planta de processamento sólido-fluído, empregando-se a metodologia proposta por Peters *et al*. (2003). Para isto, calcularam-se os custos dos equipamentos, capital de investimento, custo das matérias-primas, produtos e mão de obra, custo das utilidades, custo total do produto e do fluxo de caixa.

O custo de cada equipamento foi calculado para o ano de 2003, de acordo com os dados apresentados por Peters *et al*. (2003), atualizando-se posteriormente para o ano de 2018, multiplicando-se pela taxa de juros de 3,6519% que se refere à valorização da indústria. Considerou-se que os equipamentos são constituídos por aço inoxidável, e levou-se em conta dados de vazão, área ou altura, encontrados nos cálculos de dimensionamento.

O capital de investimento é o valor total necessário para a implementação da indústria, tendo como base os custos diretos e indiretos. Os custos diretos englobam os preços dos equipamentos, da entrega e instalação dos mesmos, dos instrumentos e controle, das tubulações, do sistema elétrico, das construções, das instalações e das melhorias do entorno. Já os custos indiretos estão relacionados aos serviços de engenharia e supervisão, as despesas com construção, as despesas legais, gastos com empresas terceirizadas e com empreiteiras, e as contingências.

Os custos dos materiais englobaram as despesas com matéria prima e mão de obra, e o valor dos produtos e coprodutos. O tópico utilidades se refere a eletricidade empregada no processo produtivo, o vapor saturado, a água para resfriamento e o tratamento das águas para controle da potabilidade. O custo total do produto foi estimado com base na capacidade de produção da planta e no capital fixo de investimento.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Pré-Dimensionamento dos equipamentos

A produção de óleo de abacate bruto mensal foi estimada em 21.462 kg, a partir dos dados de que a população da microrregião de Santa Rosa, de acordo com os dados do IBGE (2017), é de aproximadamente 161.749 mil pessoas, com uma população de hipertensos, segundo Andrade *et al.* (2015), de cerca de 19,23%, e também, com base no consumo médio indicado pela FDA (2017), para esse público alvo, de 23 g diárias.

Para os cálculos de balanço de massa, transformou-se a produção de óleo mensal em uma estimativa por hora, dividindo-se o valor de 21.462 kg pelos 30 dias do mês, e em seguida, por 24 h do dia, encontrando-se o valor de 29,808 $kg.h^{-1}$, representando a corrente de óleo bruto obtida ao final do processo, composta por óleo e etanol.

Com os balanços de massa realizados a partir dessa produção estipulada, encontrou-se a corrente de entrada no primeiro equipamento, o descascador, de 315,331 $kg.h^{-1}$, que refere-se a vazão de abacates necessárias a cada hora.

Os balanços de energia indicaram que é necessária uma troca de calor de 350.537,78 $kJ.h^{-1}$, 50.686,42 $kJ.h^{-1}$, e de 42.558,27 $kJ.h^{-1}$, no secador, no extrator e no evaporador, respectivamente, caracterizando todos os processos como endotérmicos.

Em relação aos dimensionamentos dos equipamentos, para o descaroçador, o despolpador e o moinho, os cálculos foram realizados com base na vazão de operação de cada equipamento. Para o descascador, com sua vazão de entrada de abacate de 315,33 $kg.h^{-1}$, calculou-se que é necessário um equipamento que suporta 800 $peças.h^{-1}$, com um volume de 24 L. Para o descaroçador, utilizou-se de sua vazão de entrada de 271,19 $kg.h^{-1}$, para verificar que é necessário um equipamento de 300 $kg.L^{-1}$, com um volume de 82,62 L. Já para o moinho, operando a uma vazão de entrada de 67,22 $kg.h^{-1}$, verificou-se que o equipamento deve permitir uma vazão de 80 $kg.h^{-1}$.

Para o secador, considerou-se o mesmo como sendo um túnel de secagem contínuo, uma vez que o sólido em questão é uma pasta de abacate, estimando-se um diâmetro de 0,699 m e um comprimento de 23,03 m.

Para o dimensionamento do extrator, considerou-se a similaridade com um tanque cilíndrico. Para determinação do volume do equipamento, utilizou-se a corrente de entrada de polpa de abacate moída, equivalente a 67,222 $kg.h^{-1}$ e o tempo de residência em operação de 6 horas, encontrando-se um valor de 0,4408 $m^3$. Estimando-se a altura do extrator como 2 m, encontrou-se o raio de 0,2649 m.

Para o evaporador, com base no calor trocado pelo equipamento equivalente a 42.558,27 $kJ.h^{-1}$, e o coeficiente global de troca térmica para compostos orgânicos igual a 0,3 $kJ.s^{-1}.m^{-2}.K^{-1}$. Estimou-se também, o diâmetro do tubo da água como 0,02 m. Estes dados foram empregados no dimensionamento de um trocador de calor, considerando-se o mesmo como sendo do tipo dois passes e de geometria triangular. Determinou-se a área do trocador de calor como 1,628 $m^2$, com casco de 0,305 m de diâmetro, tubos de 25,9172 m de comprimento, sendo necessários 82 tubos para realizar eficientemente a troca de calor.

A escolha do tipo de trocador se justifica pelo fato de que, quanto maior for o número de passes, mais eficiente será o equipamento, bem como quando a geometria for triangular a distância entre os tubos será menor, em comparação a geometria quadrática (Peters *et al*., 2003).

### 3.2 Avaliação econômica da indústria

O preço atualizado do descascador foi estimado como R$ 39.615,81, com base em uma vazão de 800 $peças.h^{-1}$. Para o descaroçador, considerando-se uma vazão de 300 $kg.h^{-1}$, determinou-se o preço de R$ 5.477,85. Com uma área calculada de 1,09 $m^2$, o secador do tipo túnel de vento foi avaliado com o preço de R$ 155.187,93. Já o custo do moinho de facas, apresentando uma vazão de 67,22 $kg.h^{-1}$, foi calculado como R$ 5.440,00. Para o extrator do tipo sólido-líquido de 2 m de altura, o preço atualizado foi de R$ 80.802,86. O evaporador, de área total de 1,628 $m^2$, cotou-se como R$ 215.218,28. Por fim, o capital total de investimento nos equipamentos correspondeu a R$ 501.742,73, como pode ser visualizado na Figura 2, assim como os demais custos que serão apresentados sequencialmente.

Tabela 1. Custos de investimento calculados a partir do pré-dimensionamento de uma indústria de produção de óleo de abacate

| Estimação do custo de investimento pelo método de equipamentos entregues | |
|---|---|
| Custos | Valor (milhões R$) |
| Equipamentos | 0,50 |
| Capital Fixo de Investimento FCI (Custos diretos + indiretos) | 2,36 |
| Capital de Giro WC (Custo Equipamento entregue*0,75) | 0,41 |
| Capital Total de investimento TCI (FCI + WC) | 2,77 |
| Matérias primas | 2,34 |
| Mão de obra | 0,26 |
| Utilidades | 1,57 |
| Variáveis | 4,46 |
| Fixos | 0,07 |
| De produção | 4,80 |
| Despesas Gerais | 0,37 |
| Sem depreciação (CTP) | 5,17 |

Os custos diretos apresentaram uma demanda total de R$ 1,67 milhões, enquanto os indiretos de R$ 0,69 milhões. Desta forma, o capital fixo de investimento, considerando os custos diretos e indiretos, foi estimado como R$ 2,36 milhões. O capital de giro, levando em conta o custo de 75% dos equipamentos entregues, foi determinado como R$ 0,41 milhões. O capital total de investimento corresponde a soma do capital fixo com o capital de giro, obtendo-se o dado de R$ 2,77 milhões.

No processo produtivo, as matérias primas são o abacate e o etanol empregado na extração do óleo. O total anual investido correspondeu a R$ 2,34 milhões. Os custos de mão de obra, considerando-se os equipamentos da indústria (descascador, descaroçador, secador, moinho, extrator e evaporador), o número de equipamentos e a quantidade de operadores por equipamento, torna necessária a contratação de 7 operadores, para cada turno, sendo 2 turnos de trabalho, custando para a empresa R$ 7,29 por hora trabalhada. O custo total de mão de obra equivale a R$ 0,26 milhões ao ano.

Quanto ao valor do produto, que é o óleo de abacate, será comercializado a R$ 100,00 por kg. Com uma produção estimada de 0,137 milhão de kg por ano, a venda anual equivale ao faturamento de R$ 13,73 milhões ao ano. Tratando-se das utilidades, verificou-se que será necessário um gasto total anual de R$ 1,57 milhões.

A planta apresentou uma capacidade de produção de óleo de abacate a partir da vazão de saída do último equipamento, do evaporador, de 0,120 milhões de kg ao ano, com um Capital Fixo de Investimento de R$ 2,43 milhões. Considerando-se os gastos com matéria-prima, mão de obra, supervisão de operação, utilidades, manutenção e reparos de equipamentos, suprimentos de operação, despesas com laboratório, royalties, catalisador e solvente, obteve-se o custo variável total de R$ 4,46 milhões ao ano. Considerando-se taxas afins, investimento em financiamento e seguro, obteve-se o custo fixo de R$ 0,07 milhões por ano. Como custos de produção, obteve-se R$ 4,8 milhões por ano, em relação a sobrecarga da planta. A administração, a distribuição e as vendas, bem como a pesquisa e o desenvolvimento, foram inclusos nos custos com despesas gerais, obtendo o valor de R$ 0,37 milhões por ano. O custo total do produto sem depreciação corresponde a R$ 5,17 milhões por ano.

O fluxo de caixa foi estimado considerando-se a produção operando com 100% de eficiência, obtendo-se a máxima produção do processo, o que confere mais lucros a empresa. Porém, tendo-se em vista que nem sempre a indústria produz com sua capacidade máxima no decorrer do ano, em virtude de demandas menores em determinados períodos ou por problemas de funcionamento, estimou-se também o fluxo de caixa para quando se opera a produção com 80% da sua eficiência. A Fig. 2, ilustra o diagrama do fluxo de caixa que representa as taxas com operação industrial, considerando a produção operando com 80 e 100% da eficiência da produção.

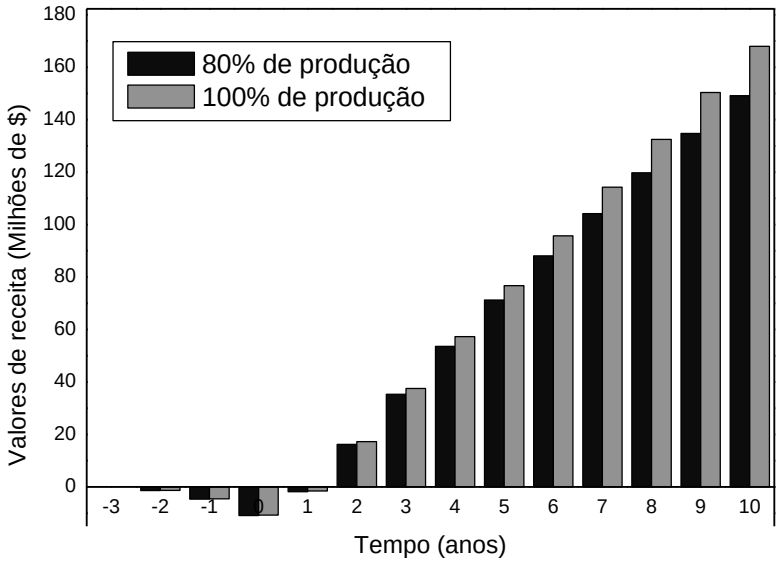



Figura 2. Fluxo de caixa acumulado

Segundo a metodologia apresentada por Peters *et al.*, (2003), o ponto zero na coordenada do tempo representa o momento em que a planta foi completamente construída e quando inicia-se o processo de operação. O investimento total de capital neste ponto inclui o investimento de capital fixo e o capital de giro. A posição do caixa é negativa pelo montante de investimento de capital total. O *payback* significa o período em que o projeto começa a dar retornos, ou seja, é uma estimativa de quanto tempo é necessário para recuperar o investimento inicial para a empresa então começar a gerar lucros.

Com base no gráfico do fluxo de caixa da Fig. 2, observa-se que 2 a 3 anos são necessários para a implementação do projeto da planta da indústria, para que então ela comece a operar. O período de *payback* para a produção operando com 80% de eficiência é de 0,6 anos, enquanto que para a produção operando a 100%, é de 0,5 anos. Decorridos 10 anos, o retorno líquido (lucro) para a empresa é de R$ 3,58 milhões e R$ 4,07 milhões, operando a 80 e 100% da produção, respectivamente.

Tendo em vista a elaboração de um projeto conceitual para verificar a viabilidade de implementação de uma indústria de produção de óleo bruto de abacate, com base em sua qualidade nutricional e seu público alvo na microrregião de Santa Rosa, o objetivo principal deste trabalho foi pré-dimensionar uma indústria de óleo de abacate bruto e posteriormente, realizar uma análise econômica de mercado.

Para atender os objetivos deste trabalho, com uma produção de 29,808 $kg.h^{-1}$ de óleo bruto de abacate, estimado a partir do consumo mensal para a microrregião de Santa Rosa, calculou-se a partir de balanços de massa para cada equipamento necessário ao processo, que é necessária uma vazão de 315,331 $kg.h^{-1}$ de abacates na corrente inicial do processo.

Os balanços de energia realizados para os equipamentos em que utiliza-se troca de calor, que são o secador, o extrator e o evaporador, apontaram todos os processos como sendo endotérmicos.

Em relação a estimação dos custos de investimento para esta indústria, verificou-se que o custo total do produto sem depreciação corresponde a R$ 5,17 milhões por ano e que, a indústria operando com 80% de sua eficiência tem um período de retorno de investimento em 0,6 anos. Desta forma, considera-se viável e inovadora a implementação de uma indústria no segmento de extração de óleo de abacate, direcionada a obtenção de óleo bruto para comercialização, visando ampliar o consumo desse produto em virtude de sua importância na dieta brasileira e assim promover o desenvolvimento da região de Santa Rosa neste âmbito.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, S.S.A., Stopa, S.R., Brito, A.S., Chueri, P.S.P, Szwarcwald, C.L. e Malta, D.C., 2015. “Prevalência de hipertensão arterial autorreferida na população brasileira: análise da Pesquisa Nacional de Saúde 2013.” *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, Vol. 24, n. 2, p. 297-304.

Barros, H. D. F. Q., 2015. *Extração Supercrítica combinando duas diferentes fontes naturais para obtenção de óleo especial enriquecido com carotenoides*. 2015. 123 p. Dissertação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United States., 2016. “Crops”. 27 Ago. 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

FDA, Food and Drug Administration, 2014. “The FDA’s take on the benefits of olive oil.” 09 Set. 2017. <https://www.oliveoiltimes.com/olive-oil-health-news/two-tablespoons-olive-oil/38888>.

GIL, A. C., 2010. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5° ed. São Paulo: Atlas.

IBGE, Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística, 2017. “Informações sobre os municípios brasileiros.” 10 Set. 2017. <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>

KAUARK, F. S., MANHÃES, F. C. e MEDEIROS, C. H., 2010. *Metodologia da Pesquisa: Um guia prático*. Itabuna: Via Litterarum.

Lopes, I. K. B., 2015. *Avaliação físico-química e química dos óleos e gorduras e seus efeitos na ingestão in vivo.*136 p. Dissertação, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG.

Moreau, R. A. e Kamal-Eldin, A., 2009. “Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils.” *Avocado oil.* Estados Unidos: AOCS Press.

Oliveira, M. C., 2011. *Abacateiro e oliveira como fontes de matérias-primas visando a extração de óleo*. 84 p. Tese, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. e West, R. E., 2003. *Plant design and economics for chemical engineers.* New York: McGraw-Hill Education, 988 p.

Salgado, J. M., Danieli, F., Regitano-D’arce, M. A. B., Frias, A. e Mansi, D. N., 2008. “O óleo de abacate (Persea americana Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia.” *Ciência e Tecnologia de Alimen*tos, Campinas, Vol. 28, p. 20-26.

Santana, I., Reis, L. M. F., Torres, A. G., Cabral, L. M. C. e Freitas, S. P., 2015. “Avocado (Persea americana Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability.” *European Journal of Lipid Science and Technology*, Vol. 117, n. 7, p. 999–1007.

Schaffer, B., Wolstenholme, B.N. e Whiley, A.W., 2013. “The avocado: botany, production and uses.” 2 ed. Wallingford: CAB Intl. Press, 560 p.

Smith, J. M., Ness, H. C. V. e Abbott, M. M., 2007. *Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química.* 7 ed. Rio de Janeiro: LTC.

Yaws, C. L., 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental. Transport, Safety, and Health Related properties for Organic and Inorganic Chemicals.* New York: McGraw-Hill.

CONIGTI

# Engenharia Elétrica:

# Automação e Controle

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# TÉCNICAS DE CONTROLE VETORIAL E CONTROLE DIRETO DE CONJUGADO APLICADAS A MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

**Afonso Carlos Hinkel Júnior**
**Diego Conti**
**Cássio Luciano Baratieri**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim, RS, 99704380
hinkel.afonso@gmail.com; diegocontidc@hotmail.com; cassio.baratieri@gmail.com

***Resumo.*** *Este artigo apresenta a comparação entre as técnicas de Controle Vetorial (CV) e o Controle Direto de Conjugado (CDC) aplicados aos Motores de Indução (MI) trifásicos com foco em veículos elétricos. No primeiro momento, o modelo matemático do MI é apresentado para permitir a compreensão do comportamento dinâmico. Em seguida, as técnicas de CV foram implementadas, seguindo duas abordagens clássicas: indireta e direta. Na abordagem indireta, o ângulo de orientação é determinado a partir do escorregamento e da medida de velocidade de rotação mecânica. Por outro lado, na abordagem direta, o ângulo de orientação de campo é definido a partir dos fluxos magnéticos do rotor. Para permitir a implementação do CV direto, utilizaram-se os fluxos magnéticos do rotor provenientes do modelo matemático. Por fim, investigou-se o CDC, no qual o fluxo magnético concatenado e o torque eletromagnético são controlados por intermédio de vetores de tensão, os quais são definidos com base em controladores de histerese e na posição angular do rotor. Para evidenciar a validação do modelo matemático e o desempenho operacional das técnicas de controle, simulações foram realizadas no aplicativo PSIM. Em geral, as técnicas de controle demonstram desempenhos operacionais apropriados à aplicação em veículos elétricos. Em virtude disso, avaliou-se a referência de controle de velocidade em rampa, constatando-se que ambas as técnicas podem ser aplicadas, porém o CDC resultou em ondulações de alta frequência no torque eletromagnético.*

***Palavras-chave:*** *motor de indução, veículos elétricos, controle vetorial, controle direto de conjugado.*

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de produtos petrolíferos no transporte suscitou preocupações crescentes com a poluição ambiental e mudanças climáticas subsequentes. Nos EUA, por exemplo, o sistema de transporte convencional representa 30-35% da emissão total de gases do efeito estufa, ocasionando um significante prejuízo à natureza. Prevê-se, ainda, que nos próximos 50 anos o número de veículos em operação deverá aumentar de 700 milhões para 2,5 bilhões (Kumar, 2014).

Diante desse cenário, atender a demanda mundial de energia para os sistemas de transporte presentes e futuros com o menor impacto no meio ambiente é um importante desafio de desenvolvimento. Desta forma, os Veículos Elétricos (VEs) tornam-se alternativas atraentes para o transporte rodoviário, visto que oferecem uma opção de energia segura, abrangente e equilibrada, aliando eficiência e proteção ambiental (Chan, 2004).

Embora o primeiro VE tenha sido construído em 1834 por Thomas Davenport, os VEs logo perderam a competição por dominância para veículos de motores de combustão. Mais tarde, na década de 1970, durante a crise energética, com a escassez de petróleo e a grande preocupação com a qualidade do ar e as possíveis consequências do efeito estufa, os VEs voltaram a despertar interesse e seu ritmo de desenvolvimento foi acelerado (Chau, 2015; Emadi, 2015).

Esses veículos são bastante flexíveis em relação aos Veículos de Combustão Interna (VCI), mas para que possam competir com eles, faz-se necessário o investimento em fontes de energia avançadas e gerenciamento inteligente de energia (Chan, 2004). Podem ser classificados quanto ao modo de funcionamento, que ramifica os VEs em *Plug-in Electric Vehicle* (PEV), *Hybrid Electric Vehicle* (HEV) e *Electric Vehicles* (EV), os quais apresentam desafios quanto à fabricação, confiabilidade, segurança, custo e desempenho, gerando oportunidades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico (Emadi, 2015).

As unidades de motor são os elementos centrais para veículos elétricos, que convertem a energia elétrica disponibilizada em movimento mecânico. Os motores de Corrente Contínua (CC) são utilizados em VEs devido à robustez e simplicidade no controle. Entretanto, aos poucos os motores CC vêm perdendo espaço para os motores de corrente alternada em virtude dos avanços da eletrônica de potência (Chau, 2015; Emadi, 2015; Yildirim, Polate Kurum, 2014).

A escolha do motor elétrico é o fator chave no projeto geral do sistema de propulsão elétrica. Entre os motores elétricos com aplicação em VEs, o Motor de Indução (MI) destaca-se como a tecnologia mais madura entre os vários motores sem comutador. Existem dois tipos de MI: rotor bobinado e gaiola de esquilo. Em geral, o MI de rotor bobinado é menos atrativo para a propulsão elétrica em VEs devido ao alto custo, grande demanda de manutenção e falta de robustez (Chau, 2015).

Dessa forma, os estudos empregados neste trabalho são baseados no MI do tipo gaiola de esquilo. Entre as suas características destacam-se a simplicidade, alta confiabilidade, robustez, ampla faixa de velocidade, baixa manutenção e baixo custo. Além disso, o desempenho dinâmico do MI ainda pode ser melhorado quando aplicado com inversores de frequência e técnicas de controle (Kumar, 2014), das quais se destacam o Controle Direto de Conjugado (CDC) e o Controle Vetorial (CV) Direto e Indireto, sendo o CV também conhecido como controle por orientação de campo.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo implantar técnicas de CDC e CV Direto e Indireto em MI trifásico para VEs. Para tanto, o MI será modelado matematicamente e simulado, assim como as técnicas de controle, no software PSIM.

Nas próximas duas seções são abordados os principais tópicos da modelagem matemática e as técnicas de controle para o MI. Em seguida, são descritas as técnicas de CV Direto e Indireto, bem como o CDC. Por fim, os resultados de simulação para as técnicas de controle propostas são apresentadas de modo comparativo.

## 2 MODELO MATEMÁTICO DO MI

A modelagem computacional do MI é imprescindível para o acesso a todos os parâmetros e variáveis internas que o compõem. Neste sentido e com a finalidade de determinar o comportamento dinâmico do MI a parâmetros concentrados, adotou-se o uso do equacionamento proposto por Krause (2013).

A fim de facilitar a sua representação matemática faz-se necessário estabelecer algumas hipóteses simplificativas a respeito do MI trifásico: tanto no estator quanto no rotor, os enrolamentos são iguais e simétricos, acarretando em indutâncias e resistências das fases do estator e rotor iguais entre si; os ângulos elétricos entre os enrolamentos são iguais e defasados 120°; o circuito magnético é ideal e o entreferro constante, o que faz com que as indutâncias mútuas entre os enrolamentos do estator e do rotor dependam do deslocamento angular $\theta$ do rotor.

As equações das tensões do estator e rotor para cada fase podem ser representadas, respectivamente, conforme Krause (2013), por:

$$\boldsymbol{v}_{S_{abc}} = \boldsymbol{R}_S . \boldsymbol{i}_{S_{abc}} + \boldsymbol{L}_S \frac{d\boldsymbol{i}_{S_{abc}}}{dt} + \boldsymbol{L}_{SR}(\theta) \frac{d\boldsymbol{i}_{R_{abc}}}{dt} + \frac{\partial \boldsymbol{L}_{SR}(\theta)}{\partial(\theta)} \boldsymbol{i}_{R_{abc}} \frac{d\theta}{dt} \tag{1}$$

$$\boldsymbol{v}_{R_{abc}} = \boldsymbol{R}_R . \boldsymbol{i}_{R_{abc}} + \boldsymbol{L}_R \frac{d\boldsymbol{i}_{R_{abc}}}{dt} + \boldsymbol{L}_{RS}(\theta) \frac{d\boldsymbol{i}_{S_{abc}}}{dt} + \frac{\partial \boldsymbol{L}_{RS}(\theta)}{\partial(\theta)} \boldsymbol{i}_{S_{abc}} \frac{d\theta}{dt} \tag{2}$$

em que *v* é a tensão elétrica, *R* é a resistência, *i* refere-se a corrente elétrica e *L* a indutância. Os subscritos *R* e *S* referem-se, respectivamente, às grandezas do rotor e estator, já o subscrito $abc$ indica as três fases do motor. Ainda, $\boldsymbol{L}_{SR}(\theta)$ - que é igual a $\boldsymbol{L}_{RS}(\theta)$ - indica as indutâncias mútuas entre estator e rotor em relação ao ângulo, $\theta$.

Por intermédio da transformação de Park, a qual tem a função de diminuir a complexidade das equações, é possível transformar indutâncias mútuas dependentes da posição, em constantes. Além disso, a transformação converte as variáveis estatóricas e rotóricas em uma mesma referência, girando em sincronismo com a velocidade angular das variáveis do estator, produzindo tensões e correntes com magnitude constante em regime permanente (Krause, 2013). Dessa forma, as equações de tensão em eixo direto e quadratura (*dq0),* tornam-se:

$$\boldsymbol{v}_{Sdq0} = \boldsymbol{R}_S . \boldsymbol{i}_S + \omega \cdot \boldsymbol{\lambda}_{Sdq0} + \frac{d\boldsymbol{\lambda}_{Sdq0}}{dt} \tag{3}$$

$$\boldsymbol{v}_{Rdq0} = \boldsymbol{R}_R . \boldsymbol{i}_R + (\omega - \omega_r) \cdot \boldsymbol{\lambda}_{Rdq0} + \frac{d\boldsymbol{\lambda}_{Rdq0}}{dt} \tag{4}$$

em que $\omega$ é a velocidade angular mecânica, $\omega_r$ é a velocidade angular elétrica do eixo de referência e $\boldsymbol{\lambda}$ é o fluxo concatenado que envolve o enrolamento. O subscrito $dq0$ indica o eixo direto e em quadratura.

Além disso, o torque eletromagnético, $T_e$, pode ser expresso por:

$$T_e = \frac{3}{2} \cdot P \cdot \left(\lambda_{dS} \cdot i_{qS} - \lambda_{qS} \cdot i_{dS}\right) \tag{5}$$

em que P é o número de polos do motor.

## 3 CONTROLE DO MI

Segundo Dorf (2014), um sistema de controle pode ser definido, basicamente, como uma organização de variáveis ou elementos de um mesmo sistema, capaz de fornecer uma resposta coerente com o que se almeja.

Com a modernização industrial e avanço das tecnologias empregadas nas máquinas elétricas, exige-se cada vez mais das técnicas de controle. Devido à plena substituição dos motores CC, que são facilmente controlados por controle escalar, por motores CA, emergiu-se a necessidade de avanços nas técnicas de controle. Em determinados motores, como no MI,

no qual o controle convencional não fornece o desempenho desejado, é necessário recorrer a técnicas que se sobreponham as não-linearidades do sistema, como por exemplo, o CDC (Vas, 1998).

Em geral, na indústria, as duas técnicas consolidadas são o CV e CDC. Todavia, em VEs, as técnicas continuam em estudo, em virtude das particularidades de operação. Além disso, neste tipo de controle, constantemente surgem novas técnicas e estratégias avançadas, as quais variam de acordo com o que se deseja com o controlador (Chau; Chan e Liu, 2008). Neste trabalho, delimitou-se ao estudo das técnicas clássicas, CV e CDC, visando comparar suas características básicas sob a resposta de velocidade em rampa.

## 4 CV

O CV permite o controle desacoplado de torque eletromagnético em relação ao fluxo magnético de excitação, e ainda garante um desempenho superior se comparado ao controle escalar, principalmente durante os transitórios de velocidade. No entanto, os algoritmos de controle vetorial são mais complexos e requerem um conhecimento exato dos parâmetros da máquina (Vukadinovic, 2016; Krishnan, 2010). Nessa abordagem utiliza-se usualmente a modelagem do MI em eixos *dq* devido à simplicidade do modelo. O CV pode ser desenvolvido de forma indireta e direta.

### 4.1 CV Indireto

No CV indireto não há necessidade de estimação de fluxo magnético do rotor, pois o ângulo de orientação é calculado a partir da estimação do escorregamento em termos de correntes e parâmetros da máquina bem como da medida da velocidade mecânica de rotação. Para tanto, o controlador impõe uma orientação de campo a partir das considerações que seguem:

$$v_{q_R} = v_{d_R} = 0 \tag{6}$$

$$\lambda_{q_R} = \frac{d\lambda_{q_R}}{dt} = 0 \tag{7}$$

$$\lambda_{d_R} = \lambda_R \tag{8}$$

$$\omega_{sl} = \omega - \omega_r \tag{9}$$

$$i_{q_R} = -\frac{L_{MR} + L_R}{L_{MR}} i_{q_s} \tag{10}$$

em que $\omega_{sl}$ é a frequência de escorregamento e $L_{MR}$ é a indutância de magnetização do rotor. Os subscritos $d$ e $q$ referem-se, respectivamente, ás variáveis associadas ao eixo direto e em quadratura.

Aplicando as considerações das Eq. (6), (7), (8), (9) e (10) na equação da tensão do rotor de eixo direto e em quadratura, Eq. (2), e rearranjando-a, obtém-se:

$$\omega_{sl} = \frac{R_R i_{q_R}}{i_{d_R}\left(L_{RR} + \frac{3}{2}L_{MR}\right) + \frac{3}{2}L_{MR} i_{d_s}} \tag{11}$$

$$\frac{d\boldsymbol{\lambda}_R}{dt} = -\frac{R_R}{L_{RR}}\boldsymbol{\lambda}_R + \frac{R_R L_{MR}}{L_{RR}} i_{d_s} \tag{12}$$

Por outro lado, o torque eletromagnético pode ser simplificado e expresso na forma:

$$T_e = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_{MR}}{L_{RR}}\boldsymbol{\lambda}_R i_{q_s} \tag{13}$$

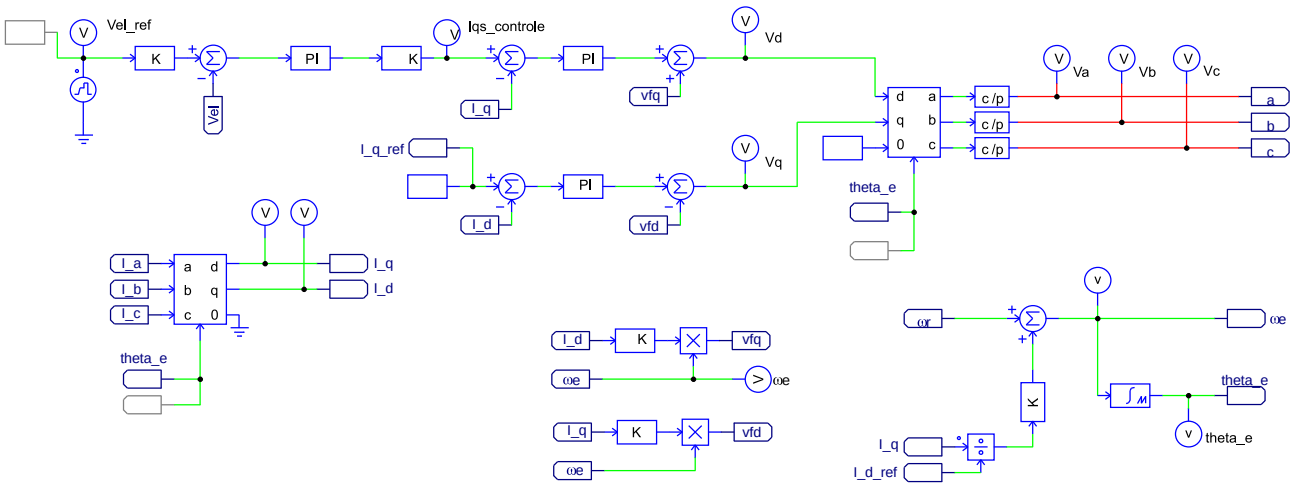



Figura 1. Circuito CV Indireto

Nesta técnica, optou-se pela utilização de controladores Proporcionais e Integrais (PI), os quais são amplamente utilizados em sistemas reais, e têm como objetivo minimizar o erro em sistemas de controle. Adotaram-se três controladores PI, sendo um controlador para a corrente de eixo direto, um para a corrente de quadratura e um para a velocidade de rotação. Após realização do controle e manipulação matemática das variáveis encontra-se, indiretamente, o ângulo, $\theta$. A Fig. 1 apresenta o diagrama do CV Indireto implementado no aplicativo PSIM.

### 4.2 CV Direto

No CV direto, a posição do fluxo do rotor pode ser medida ou estimada de duas formas: pela medição do fluxo do entreferro por meio de sensores de efeito Hall ou pelos enrolamentos de detecção de fluxo, o qual tem um custo elevado, ou por intermédio de um observador de fluxo (Zeb, 2017; Brandstetter, Kuchar, 2015). Neste trabalho, por questões de simplificação e análise do método, adotou-se os fluxos magnéticos do rotor provenientes do modelo dinâmico computacional.

Nesta técnica, os fluxos concatenados do rotor no eixo $dq$, $\lambda_{d_R}$ e $\lambda_{q_R}$, são retirados do modelo computacional no software PSIM e transformados para o eixo $\alpha\beta 0$. Após a estimação de $\boldsymbol{\lambda}_{R_\beta}$ e $\boldsymbol{\lambda}_{R_\alpha}$, realiza-se a relação $\tan^{-1}\left(\frac{\lambda_{R_\alpha}}{\lambda_{R_\beta}}\right)$ a fim de determinar o ângulo, $\theta_e$. O esquemático do controle é representado na Fig. 2.

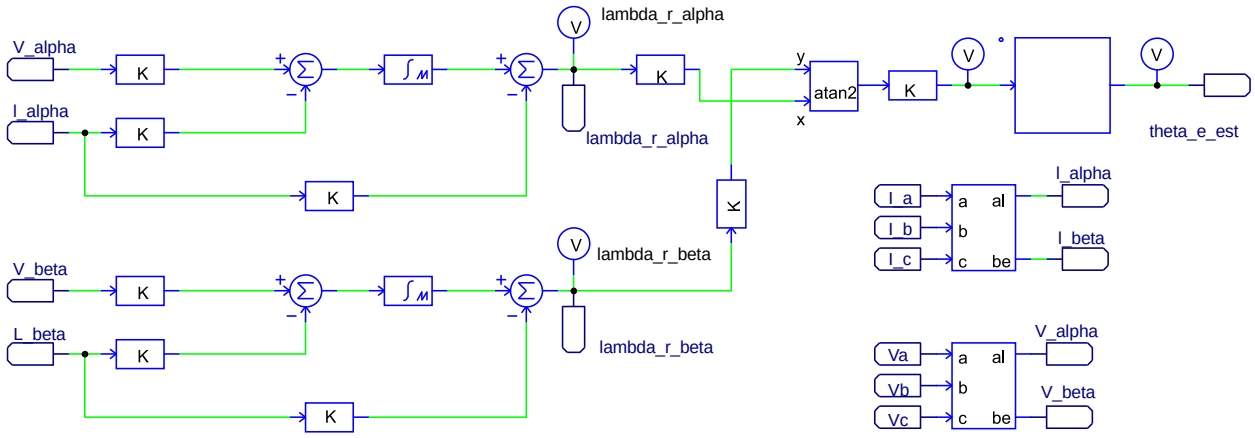



Figura 2. Esquemático CV Direto

## 5 CDC

No CDC, o fluxo magnético concatenado e o torque eletromagnético são controlados por meio da inserção de vetores de tensão implementados através de uma tabela de chaveamento. Essa técnica é usualmente utilizada para potências altas e apresenta alto desempenho e respostas rápidas e precisas a variações de carga (Carvalho, 2008).

Neste projeto, o CDC foi baseado na proposta clássica de Takakashi e Noguchi (1986), os quais propõem um circuito de chaveamento vetorizado para as tensões de fase. Assim, a seleção dos vetores depende do erro de amplitude e da direção do fluxo magnético concatenado. Para tanto, o plano $dq$ é dividido em seis regiões, de forma que cada região representa um vetor específico.

O circuito de chaveamento, onde o controle formado por controladores de histerese e o sistema de comutação são programados, foram desenvolvidos por intermédio do *software* PSIM e ilustrados na Fig.3.

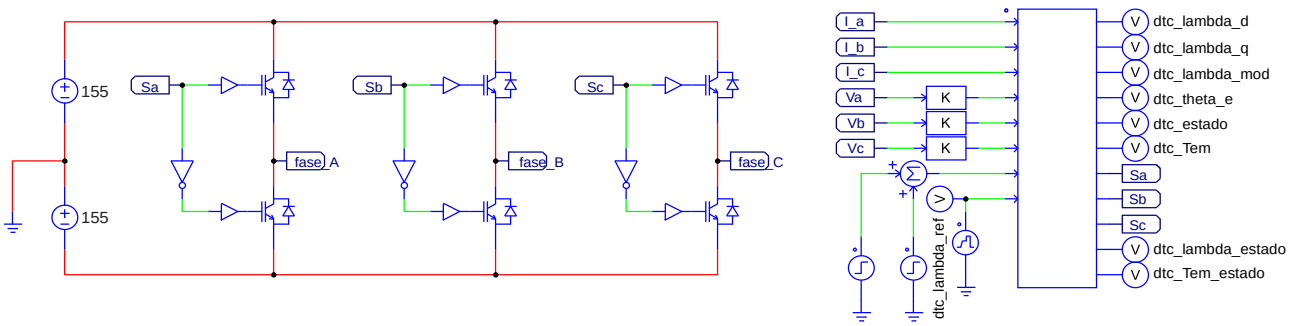



Figura 3. Circuito CDC

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As técnicas de CV Direto e Indireto e CDC foram simuladas no *software* PSIM. Os parâmetros adotados para o MI podem ser observados na Tab. 1.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados no projeto para o MI

| Variável | Valor | Unidade | Variável | Valor | Unidade |
|---|---|---|---|---|---|
| $R_S$ | 17.5 | Ω | $M_{SR}$ | 0.68896 | H |
| $R_R$ | 14.58125 | Ω | J | 0.00115 | $kg \cdot m^2$ |
| $L_S$ | 0.35208 | H | B | 0.001 | $kg/m \cdot s$ |
| $L_R$ | 0.35208 | H | P | 4 | - |

Os resultados para a técnica de CV Indireto, com uma rampa de velocidade de 1000 rpm, estão expressos na Fig. 4. Os fluxos magnéticos do rotor de eixo direto e de quadratura apresentados evidenciam a adequada orientação de campo, pois o fluxo de eixo de quadratura é nulo em regime permanente e o fluxo de eixo direto é constante.

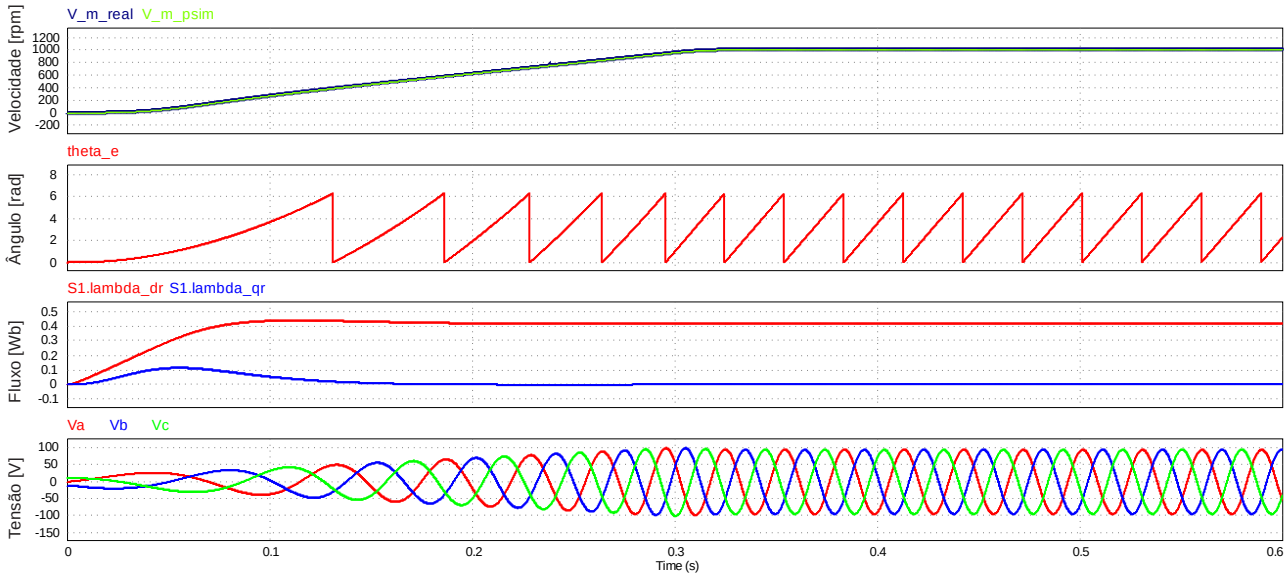



Figura 4. Resultados do CV Indireto

No CV Direto, os fluxos são estimados diretamente do modelo do MI. O ângulo real e os fluxos, portanto, são representados na Figura 5. Contata-se novamente que o fluxo de eixo direto e de quadratura seguem as considerações apresentadas indicando a adequada orientação de campo.

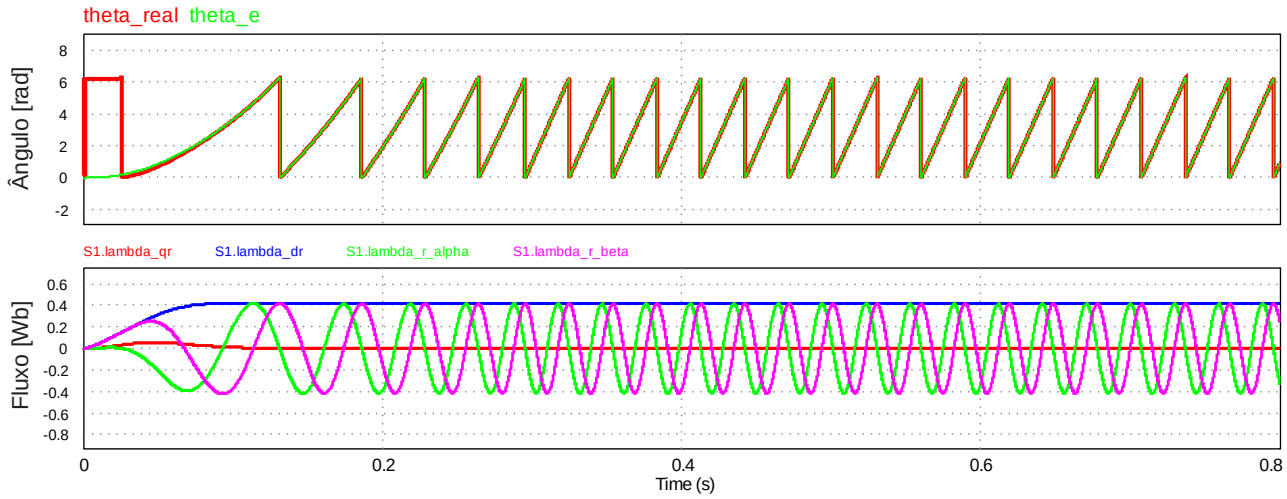



Figura 5. Resultados do CV Direto

Os resultados de fluxo magnético do estator e do torque eletromagnético para o CDC podem ser observados na Fig. 6. As ondulações das variáveis controladas são provenientes dos controladores de histerese. Apesar disso, é possível constatar que o valor médio segue adequadamente os sinais de referência.

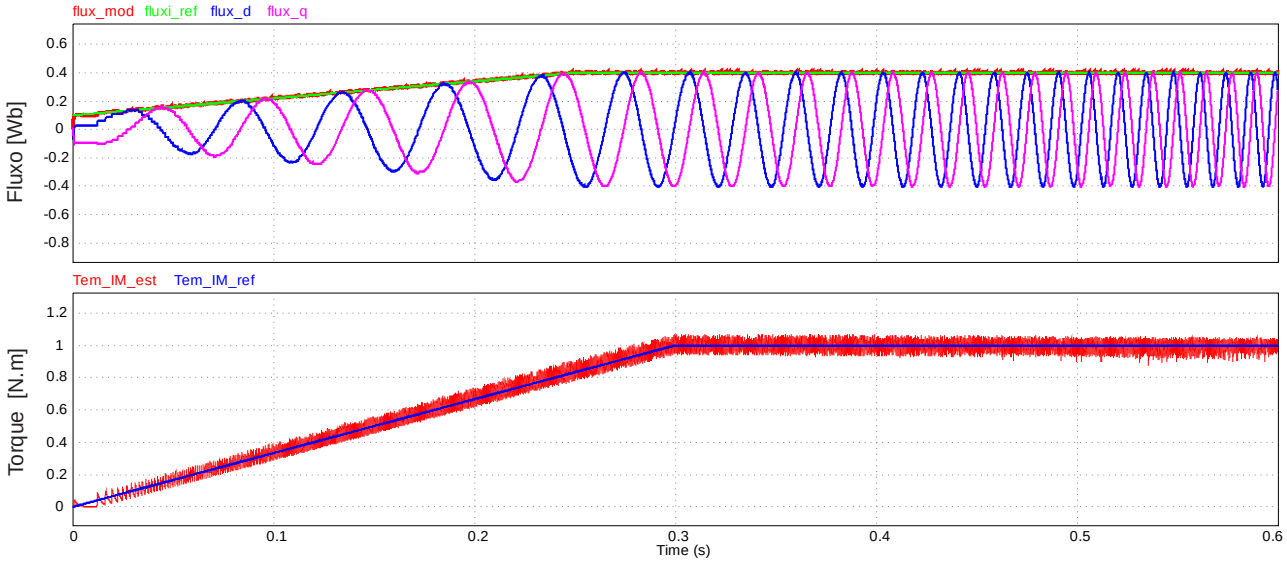



Figura 6. Resultados de torque e fluxo para o CDC

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho tem como objetivos a simulação e análise de técnicas de CV e CDC aplicados em VEs. Para validar as técnicas de controle utilizou-se o *software* PSIM, pelo qual foi possível comparar o modelo do próprio PSIM com o modelo desenvolvido e ainda ter acesso a todas as variáveis internas do modelo, bem como desenvolver ambas as técnicas de controle.

Os resultados obtidos mostram grande paridade entre os modelos. Desta forma, é possível alterar parâmetros, aplicar apropriadamente as técnicas de controle e prever o comportamento dinâmico do MI. Além disso, as técnicas de controle analisadas e simuladas estão de acordo com o desejado.

Ambas as técnicas têm plenas condições de serem implementadas em MIs para VEs, mas evidencia-se o CV Indireto em uma aplicação real devido sua maior facilidade de implementação e concordância com a resposta desejada. Para MIs de potência mais elevadas, indica-se também a técnica de CDC, o qual apresenta alto desempenho e respostas rápidas e precisas a variações de carga.

## 8 REFERÊNCIAS

Brandstetter, P.; Kuchar, M., 2015.“Rotor Flux Estimation Using Voltage Model of Induction Motor”. *IEEE 16th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)*.

Carvalho, W. J., 2008.*Controle Direto de Conjugado do Motor de Indução Trifásico Através da Técnica de Modulação Discreta de Vetores Espaciais*. Dissertação de mestrado. Uberlândia: UFU.

Chan, C. C.; Wong, Y. S., 2004.“Electric vehicles charge forward”. *IEEE Power and Energy Magazine*.

Chau, K. T., 2015. Electric Vehicle Machines and Drives: Design, Analysis and Application. IEEE Press.

Chau, K. T.; Chan, C. C.; Liu, C., 2008.“Overview of Permanent-Magnet Brushless Drives for Electric and Hybrid Electric Vehicles”. *IEEE Transactions On Industrial Electronics*, vol. 55, no. 6.

Dorf, R. C., 2014.*Sistemas de Controle Modernos*. Editora Nacional, Rio de Janeiro.

Emadi, A., 2015.*Advanced Electric Drive Vehicles*. New York: CRC Press.

Krause, P. C.; et al., 2013.*Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. Third Edition, IEEE Press.

Krishnan, R., 2010.*Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drive*. New York: CRC Press.

Kumar, l.; Jain, S., 2014.“Electric propulsion system for electric vehicular tchnology: a review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

Takahashi, I.; Noguchi, T. “A New Quick-Response and High-Efficiency Control Strategy of an Induction Motor”. *IEEE Transactions On Industry Applications*, Vol. Ia- 22, No. 5.,1986.

Vukadinovic, D., 2014.“Online Efficiency Optimization of a Vector Controlled Self-Excited Induction Generator”. *IEEE Transactions on Energy Conversion*.

Yildirim, M.; polat, M.; kurum, H., 2014.“A survey on comparison of electric motor types and drive used for electric vehicles”. *16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition*.

Zeb, K. et al., 2017. *Robust speed regulation of indirect vector control induction motor using fuzzy logic controllers based on optimization algorithms*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

## 9 AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso nesse artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO BASEADO NO SISTEMA ARDUINO

**Claodomir Antonio Martinazzo**
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Rua Eduardo Machiavelli, 403, Erechim - RS, CEP 99711-120, Brasil. mclao@uricer.edu.br

**Tailan Orlando**
Departamento de Engenharias e Ciência da Computação - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI Erechim, Rua Santos Dumont, 1490, Campinas do Sul - RS, CEP 99660-000, Brasil. tailan_orlando@hotmail.com

***Resumo.*** *O movimento de uma esfera em uma rampa com pequeno ângulo de inclinação pode ser estudado didaticamente com o auxílio de um cronômetro. No entanto, com o aumento do ângulo, a medida manual do tempo torna-se impraticável, uma vez que os tempos de reação humana tendem a serem maiores do que tempo a ser medido. Para contornar essa dificuldade foi desenvolvido, a exemplo de outros trabalhos já publicados, disponíveis na internet, um aparato experimental dedicado a medir o tempo de queda ou rolamento de uma esfera em um plano inclinado com ângulo variável, de 0° a 90°. O equipamento é munido de sensores de passagem além de uma placa Arduino e um display de cristal líquido para mostrar os tempos medidos. A rampa tem 1,00 m de comprimento do ponto de partida até o último dos quatro sensores. Os resultados mostraram que as medidas são coerentes com as equações básicas da cinemática (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado – MRUV). Considerando a queda-real, foi obtida para a aceleração média da gravidade, em Erechim-RS, o valor de 9,81 m/s², com margem de erro de 0,04 m/s².*

***Palavras chave:*** *Instrumentação, Arduino, aceleração, MRUV.*

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade a queda dos corpos tem despertado o interesse das pessoas e estudiosos. Aristóteles, filósofo grego que viveu a aproximadamente 300 anos antes de Cristo, considerava que os corpos mais pesados atingiriam o solo antes dos corpos mais leves. Essa afirmação perdurou até o século XVII, quando Galileu Galilei, considerado o pai da experimentação, descobriu que, na ausência do ar, os corpos cairiam com a mesma velocidade, independentemente de suas massas. A teoria de Galileu estabelece que a velocidade de um corpo em queda cresce linearmente em função do tempo, enquanto o espaço percorrido cresce com o quadrado do tempo (Szmoski, *et al*, 2018). Esse comportamento está diretamente relacionado com a aceleração da gravidade. Queda-livre é a denominação da queda dos corpos na inexistência de forças resistivas como a do ar, e quando a queda ocorre na presença do ar, é chamada de queda-real.

Existem vários métodos para estudar a queda dos corpos. Uma das formas de estudar na prática a aceleração é construir um plano inclinado, com um trilho, devidamente dividido com distâncias cuidadosamente medidas e marcadas. Com o auxílio de uma esfera que será o móvel e um cronômetro, uma equipe de alunos pode fazer medidas de tempo e obter a aceleração de acordo com o ângulo de inclinação do plano inclinado (para pequenos ângulos). Uma forma de diminuir os erros de leitura do tempo é realizar várias medidas e posteriormente calcular a média, o que diminui o erro aleatório. No entanto, com o aumento do ângulo torna-se mais difícil realizar as medidas, com o cronômetro, pois o tempo de queda torna-se cada vez menor. É um trabalho frustrante, se o objetivo for calcular a aceleração de queda-real, para não dizer impossível.

Para reduzir drasticamente os erros de leitura do tempo é possível recorrer a circuitos eletrônicos comerciais capazes de ler intervalos de tempo na ordem de 100 microssegundos, mas inacessíveis para a maioria dos laboratórios didáticos de Física. No entanto, o uso de microcontroladores de baixo custo, como os da família Arduino, está se difundindo rapidamente em laboratórios didáticos de Física (Cordova e Tort, 2015). Eles são capazes de medir intervalos de tempo na faixa dos milissegundos e microssegundos, com resultados perfeitamente aceitáveis para o Ensino Médio ou disciplinas básicas de Física do Ensino Superior, desconsiderando, em primeira análise, os efeitos do ar e de outras variáveis intervenientes. Existem várias vantagens em se utilizar essas plataformas acessíveis. Entre elas: a) a

possibilidade de personalizar o projeto, o que não é possível em sistemas comerciais que são "fechados" e não há como adaptar, isso porque os sistemas comerciais são desenvolvidos visando lucro, não possibilitando, portanto, vantagem didática mais significativa; b) a possibilidade de explorar, com o Arduino, por exemplo, vários conhecimentos, pois ele é muito versátil (desde experimentos simples até controle de robôs). É possível intercambiar as placas de um experimento para outro, reduzindo ainda mais os custos; e c) não menos importante, o custo reduzido. Basicamente, para o desenvolvimento de um aparato experimental para estudo do MRUV, é necessária uma rampa, devidamente construída para posicionamento em variados ângulos, bem como o sistema eletrônico de detecção de passagem, medida do tempo por meio de sensores e um sistema de registro, processamento e apresentação dos dados medidos.

Além disso, o tratamento matemático necessário, para o estudo do MRUV, é amparado pelas equações já amplamente conhecidas, conforme Halliday, D., Resnick, R. e Walker, J. (2008). Para o cálculo da velocidade média em um determinado percurso, dispõem-se da Eq. (1).

$$v_{méd} = \frac{\Delta d}{\Delta t} \tag{1}$$

onde $\Delta d$ é a distância percorrida e $\Delta t$ o intervalo de tempo.

O cálculo da velocidade instantânea em um determinado ponto (posição) é feito com a Eq. (2), uma equação da velocidade média para o MRUV, com v colocado em evidência.

$$v = -v_o + 2.v_{méd} \tag{2}$$

onde $v_{méd}$ é resultado da Eq. (1), $v_o$ é a velocidade inicial, aqui sempre 0 m/s, $v$ a velocidade final ou velocidade instantânea num ponto (no caso, no sensor).

A aceleração é calculada pela Eq. (3).

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{3}$$

onde $\Delta v$ é a variação de velocidade no percurso (na prática a velocidade instantânea, $v$) e $\Delta t$ o intervalo de tempo.

Se o objetivo é calcular a aceleração da gravidade, considerando que a velocidade inicial é nula, segue que (Eq. (4)):

$$g = \frac{2.h}{t^2} \tag{4}$$

onde *h* é a altura da queda, *t* o tempo de queda livre e *g* a aceleração da gravidade.

Para calcular o erro propagado no cálculo da aceleração da gravidade foi utilizada a Eq. (5) (de Piacentini, *et al*, 2001).

$$\Delta g = \sqrt{\left(\left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta t}{t}\right)^2\right)} \tag{5}$$

onde, $\Delta g$ é o erro propagado na medida da aceleração, em m/s²; $\Delta h$ é o erro de escala na medida da distância, em metros; *h* é a distância em metros; $\Delta t$ é o erro propagado na medida do tempo e $\bar{t}$ é o tempo médio. É composto pelo erro aleatório, determinado estatisticamente (erro padrão da média) e pelo erro de escala (Menor divisão de escala (MDE) = 0,001s). É calculado pela Eq. (6) (de Piacentini, *et al*, 2001).

$$\Delta t = \sqrt{\left((S_{\bar{x}})^2 + (MDE)^2\right)} \tag{6}$$

onde, $S_{\bar{x}}$ é o erro padrão da média, no caso, do tempo. MDE é a menor divisão de escala. Neste trabalho, o Arduino foi programado para ler o tempo em milissegundos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo da rampa para estudos do MRUV foi desenvolvido para fazer medições para qualquer ângulo θ, tal que $0° < \theta \leq 90°$. A rampa foi manufaturada em perfis de alumínio e outras estruturas de fixação também em alumínio. A base foi feita em MDF. A Fig. 1 mostra uma foto do protótipo pronto. A rampa tem 1,10 m de comprimento, sendo a distância entre a bobina e o último sensor de 1,02 m, no entanto, devido à dimensão da esfera, a distância entre o ponto inicial do movimento e a posição de detecção do último sensor é de 1,00 m.

Figura 1. Foto lateral da rampa de MRUV.

O protótipo é controlado por um Arduino nano, cuja distribuição dos pinos pode ser verificada no esquema da Fig. 2.

Na extremidade superior da rampa foi instalada uma bobina, sob tensão de 12 V, que é energizada quando acionado o botão da Fig. 3 (a). O primeiro toque energiza a bobina (arma o sistema – "Preparado"), e é possível fixar uma esfera de ferro (móvel), na mesma.

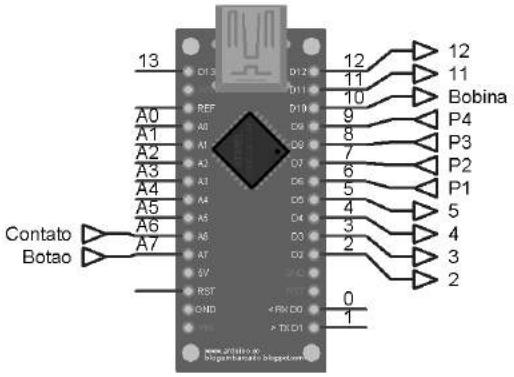



Figura 2. Esquema dos terminais (pinos) do Arduino nano.

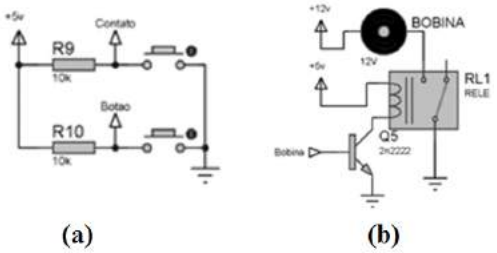



Figura 3. Circuito de controle da bobina.

O segundo toque interrompe a energia, desativa a bobina e libera a esfera. Um relé é responsável ela comutação do estado de energia na bobina (Fig. 3 (b)). O relé é controlado pelo Arduino nano via porta digital nº 10. Já o sistema que arma e desarma a bobina está atrelado aos pinos analógicos A6 e A7.

Para aquisição dos valores de tempo do instante de passagem do corpo, utilizaram-se fotodiodos juntamente com transistores para fazer a detecção de sinais luminosos provenientes de LEDs. Quando o fotodiodo (TIL 78) recebe luz, o transistor (BC337) atua como um contato fechado, permitindo a passagem de corrente, já quando a fonte luminosa é interrompida o transistor atua como um contato aberto, bloqueando a passagem da corrente, para o microcontrolador. Este comportamento equivale a um sinal digital (0 ou 1) que pode ser processado como informação. A Fig. 4 mostra os esquemas e foto dos sensores.

A Fig. 5 mostra o esquema de ligação dos componentes dos sensores com os respectivos pinos de contato com o Arduino nano.

Os quatro sensores foram dispostos na rampa metálica com distâncias específicas entre eles, conforme pode ser visto na Fig. 1.

Os valores de tempo em segundos são mostrados em um display LCD 16 linhas por 2 colunas.

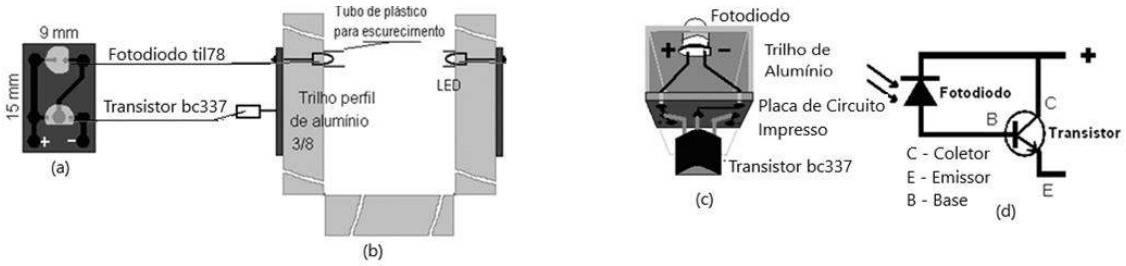



Figura 4. (a) Visão do lado metalizado (Cu) do circuito impresso que acomoda o fotodiodo e o transistor. (b) Visão em corte do sistema sensor de passagem. No lado esquerdo encontra-se o sensor de passagem e no lado direito o LED. (c) Esquema do sistema sensor de passagem. (d) Esquema simbólico do sistema sensor de passagem (Photogate).
Fonte: Adaptado de Betiolo, N. F. e Martinazzo, C. A., 2008.

Os valores de tempo são cronometrados assim que o móvel é liberado pela bobina, este início é informado ao microcontrolador por meio do contato entre o móvel (metálico) e a bobina. Assim que o móvel se desconecta da bobina é enviado um sinal para o microcontrolador. Este processo elimina o erro causado pelo tempo de desmagnetização da bobina, já que uma vez desligado o circuito, o núcleo da bobina ainda apresenta uma magnetização remanescente, a qual mantém o móvel preso por alguns milissegundos. Esse tempo já é o suficiente para causar grandes diferenças nos cálculos de aceleração.

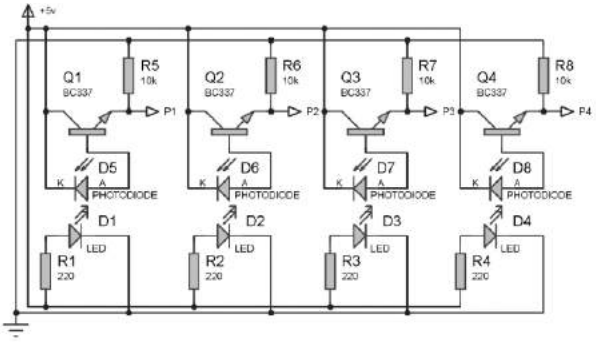



Figura 5. Esquema de ligação dos componentes dos sensores de passagem.

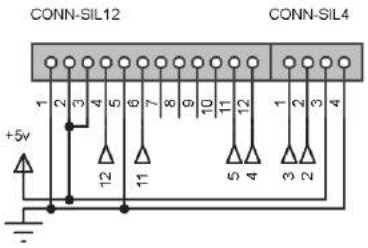



Figura 6 – Esquema dos pinos de ligação do display LCD.

O circuito de controle do protótipo foi desenvolvido no software PROTEUS, bem como a matriz para a impressão da placa de circuito impresso. A Fig. 7 mostra o esquema de ligação de todos os componentes da placa de controle.

A operação do sistema é realizada pelo acionamento de um botão, tornando-o simples e de fácil entendimento, onde um primeiro clique prepara o sistema para operação (fixação da esfera (móvel) na bobina (eletroímã)), o segundo clique libera a esfera. Assim que o móvel passar pelo último sensor os valores dos tempos são mostrados no display LCD. O terceiro clique limpa o display LCD e aguarda a próxima operação.

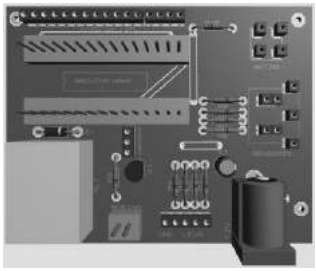


Figura 7. Esquema da placa de controle e aquisição de dados da rampa de MRUV.

Como apresentado na Fig. 2, o Arduino nano controla todo o sistema de aquisição de dados, desde o controle da bobina, a leitura dos instantes de passagem do móvel diante dos sensores até a apresentação dos dados no monitor de cristal líquido (display lcd).

A Fig. 8 mostra a foto do sistema de controle e apresentação das leituras.

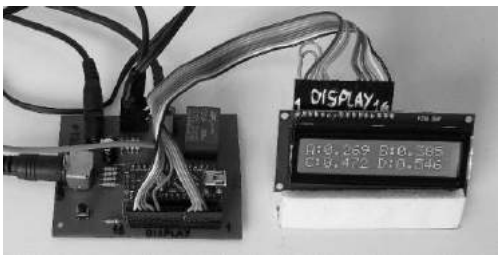



Figura 8. Foto do sistema de controle e display de cristal líquido.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho decidiu-se por fazer os experimentos em 90°, mas poderia ser em qualquer ângulo. Foram feitas 25 medidas e registradas numa planilha eletrônica. A Tab. 1 mostra os dados obtidos (medidos e calculados) para as grandezas posição, velocidades (média e instantânea), desvio padrão do tempo, aceleração e o erro propagado na medida da aceleração. O símbolo d(m) indica as distâncias de cada sensor em relação ao ponto inicial (0 m), com valores em metros. A grandeza t(s) indica o tempo médio, em segundos, das 25 medidas, para cada posição (sensor) ocupada pelo móvel. Foi calculado também o desvio padrão das medidas para cada um dos quatro sensores, em segundos, o que levou ao cálculo do erro padrão da média, necessário para o cálculo do erro propagado no cálculo da aceleração. Para o cálculo do erro propagado, foi considerado, para a distância, a menor divisão de escala, ou seja, um milímetro (0,001 m). Foi calculada a velocidade média ($V_{méd}$) para o MRUV, em metros por segundo, pela Eq. (1). A velocidade instantânea (v(m/s)), em cada posição correspondente aos quatro sensores, em metros por segundo, foi calculada pela Eq. (2).

Tabela 1. Dados obtidos para rampa inclinada a 90°.

| Sensor | Valor inicial | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|---|
| **d (m)** | 0,000 | 0,242 | 0,496 | 0,748 | 1,000 |
| **t(s)** | 0,000 | 0,222 | 0,318 | 0,391 | 0,452 |
| **DP(s)** | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| **$v_{méd}$** | 0,000 | 1,090 | 1,560 | 1,910 | 2,210 |
| **v(m/s)** | 0,000 | 2,180 | 3,110 | 3,830 | 4,420 |
| **a(m/s²)** | 0,000 | 9,830 | 9,830 | 9,800 | 9,800 |
| **Erro(1)** | 0,000 | 0,050 | 0,040 | 0,030 | 0,030 |

(1) Erro propagado na aceleração em m/s² (Calculado pela Eq. (5)).

A aceleração a (aqui correspondente a gravidade), em metros por segundo ao quadrado, foi calculada pela Eq. (3). O valor médio da aceleração da gravidade foi de (9,81±0,04) m/s². Considerando este valor, a aceleração média da gravidade medida, por meio deste experimento, ficou em média, igual ao valor aceito, para a região que é de 9,81 m/s². Considerando a margem de erro, o erro percentual de ±0,4 % em relação ao valor aceito de referência.

O gráfico da Fig. 9 mostra a posição média da esfera em queda livre, na posição correspondente a cada sensor. Mostra também a equação da função horária dos espaços do MRUV, ajustada pelo método dos mínimos quadrados. O ajuste mostrou a presença de erros aleatórios e provavelmente sistemáticos como responsáveis pela velocidade inicial de 0,013 m/s.

A Fig. 10 mostra o gráfico da velocidade do MRUV. Aqui também é possível verificar, na equação de regressão, velocidade inicial de 0,004 m/s, incoerente, obviamente com o experimento, mas como já discutido, resultado, provavelmente, de erros aleatórios e sistemáticos.

Verifica-se discrepância no valor da aceleração calculada (9,81 m/s²) e as mostradas nos gráficos da Fig. 9 e Fig. 10. A diferença pode ser apregoada ao método dos mínimos quadrados utilizado para o ajuste das curvas, via planilha eletrônica.

Durante o desenvolvimento do protótipo foram realizados vários testes, e também vários ajustes, tanto de hardware quanto de software. A proposta, conforme descrição na Introdução, sempre foi automatizar ao máximo a operação. Neste sentido, foi inserido um eletroímã, na extremidade superior da rampa visando fixar magneticamente a esfera de aço, para que pudesse ser liberada mediante corte da energia elétrica. Para isso um relé foi inserido no circuito. Verificou-se após vários testes que a aceleração ficava em torno de 9,2 m/s², valor muito inferior ao pretendido. Então, isolando o relé do sistema, e trabalhando com um transistor para liberar a esfera via software, verificou-se que o tempo médio perdido com o relé era de 5 milissegundos. Esse tempo foi subtraído, via software, para manter o relé no

protótipo. Outro problema enfrentado é a histerese do núcleo ferroso da bobina. Quando a energia era cortada, a esfera não era instantaneamente liberada. Para resolver esse problema, o tempo passou a ser contado apenas no momento em que esfera era liberada. Para isso, um contato elétrico foi soldado no núcleo do eletroímã (bobina) e outro ficava encostado na esfera. Desta forma foram reduzidas duas fontes de erros sistemáticos.

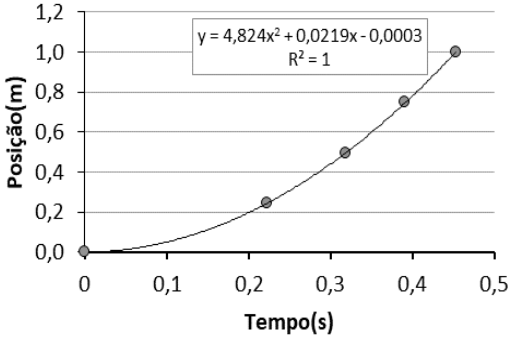



Figura 9. Gráfico da posição da esfera (móvel) em cada sensor (ângulo de 90°).

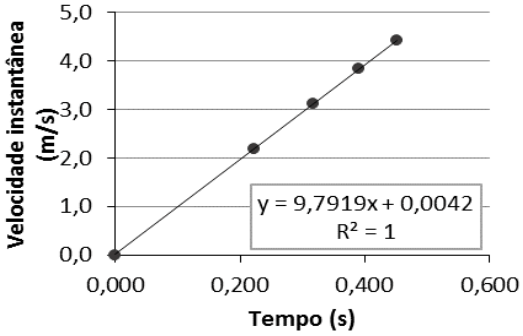



Figura 10. Gráfico da velocidade da esfera (móvel) em cada sensor (ângulo de 90°).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentado neste trabalho um protótipo de custo reduzido (aproximadamente R$250,00, valor bem inferior a um equipamento comercial similar que custa aproximadamente R$1700,00) para o estudo do MRUV. O sistema relatado permite o estudo do movimento de móveis (esfera) em diversas inclinações, não obstante o que foi relatado, ou seja, um móvel em queda formando ângulo de 90º com o horizonte. Um diferencial do equipamento é a possibilidade de repetição do experimento, com os resultados facilmente visíveis. Esses procedimentos experimentais podem ser feitos com naturalidade por alunos desde o Ensino Fundamental até o Ensino Superior.

O sistema foi testado para diversas inclinações, mas foi relatada apenas a condição de queda-real. Para qualquer ângulo de inclinação, o comportamento dos gráficos da velocidade e posição em função do tempo seguiu rigidamente a proposição de Galileu Galilei, ou seja, respectivamente, comportamento linear e quadrático.

O experimento em questão, da aceleração da gravidade, permitiu comparação do resultado obtido com valor conhecido da mesma. Verificou-se que o valor medido ficou igual ao valor utilizado pela literatura (9,81 m/s²). A margem de erro no resultado ficou em 0,04 m/s².

O protótipo desenvolvido mostrou-se de fácil operação e deslocamento para sala de aula ou laboratórios em prédios diferentes ou para outras escolas, se assim for necessário. Não é necessário levar o computador, pois o sistema já faz a leitura e mostra em um display de cristal líquido. Os alunos podem visualizar os valores, copiá-los e na sequência repetir o experimento quantas vezes forem necessárias.

Também existe a possibilidade de ligar o sistema ao computador e a partir deste utilizar programas que processem automaticamente os dados, mostrando em tabelas e gráficos todos os valores mostrados na Tab. 1 deste trabalho e muito mais, no entanto, perde-se a riqueza didática da participação do aluno no processo de obter os resultados, utilizar estatística, aplicar as equações até então somente utilizadas para resolver problemas teóricos.

Além disso, com este aparato é possível desenvolver experimentos visando descobrir o coeficiente de atrito entre o móvel (esfera) e o trilho, para ângulos inferiores a 90º.

## 5. REFERÊNCIA

Betiolo, N. F. E., Martinazzo, C. A., 2008. Novas Tecnologias no Ensino da Física: O uso do Computador na Aquisição de Dados. *PROPEPG-URI*. (272-RELATÓRIO-IC). p. 24.

Cordova, H., Tort, A. C., 2015. "Medida de *g* com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre". *Revista Brasileira de Ensino de Física.* Vol. 38, n° 2. < https://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0012>

Halliday, D., Resnick, R. e Walker, J., 2008. *Fundamentos de Física*. 8. ed. LTC. Rio de Janeiro.

Piacentini, J. J. *et al*., 2001. *Introdução ao Laboratório de Física.* 2ª. Ed. Editora da UFSC. Florianópolis.

Szmoski, R. M., *et al*., 2018. "Desenvolvimento de um aparato experimental de baixo custo para o estudo de objetos em queda: análise do movimento de magnetos em tubos verticalmente orientados". *Revista Brasileira de Ensino de Física.* Vol. 40, n° 1. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0061 >

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PLATAFORMA DE MONITORAMENTO E ANÁLISE APLICADA À MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

**Diego Conti**
**Cássio Luciano Baratieri**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Erechim, RS, Brasil
diegocontidc@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento e análise de motores de indução trifásicos. Faz-se oportuno o seu desenvolvimento diante da necessidade de monitorar essas máquinas para obter o seu melhor em rendimento e vida útil, e evitar paradas inesperadas nos processos industriais onde essas estão presentes. Além disso, surge uma oportunidade de uso dessa ferramenta no meio educacional, auxiliando na compreensão do funcionamento dos motores trifásicos de indução. Neste sentido, propõem-se o desenvolvimento de um estudo dos algoritmos de determinação da potência complexa e a análise de componentes harmônicos. O desempenho operacional desses algoritmos foi avaliado por intermédio do aplicativo PSIM. O processo de validação baseia-se na comparação entre os algoritmos implementados em um sistema de emulação digital e os elementos de medida fornecidos pelo próprio aplicativo. O sistema de emulação digital visa representar um processador digital de sinais e todo seu algoritmo foi desenvolvido em linguagem C. De maneira geral, todos os algoritmos validados demonstraram concordância com os resultados comparativos, evidenciando a sua aplicabilidade em uma plataforma real.*

***Palavras-chave:*** *plataforma de monitoramento, motor de indução, transformada de Fourier discreta.*

## 1. INTRODUÇÃO

Perante a contínua evolução da sociedade, tem-se requerido das indústrias adaptação às novas demandas de produção e tecnologias. Essa tendência implica em uma necessidade administrativa cada vez mais complexa, tornando-se indispensável o emprego da tecnologia no meio industrial para suprir tal carência. Diante disso, surge uma transformação denominada de quarta revolução industrial, ou indústria 4.0, a qual tem como uma das principais características o emprego da tecnologia de comunicação entre as máquinas, criando redes que se estendem por todo o ciclo de vida do produto (Freitas, *et al.*, 2016).

Dessa forma, manifesta-se uma exigência de ferramentas que possam monitorar as máquinas responsáveis pelos diversos processos industriais. Tendo em vista que na maior parte dessas máquinas usa-se de motores como fonte de potência mecânica, torna-se oportuno monitorá-los. Além da indústria temos motores presentes no setor rural, comercial e residencial. Nesses setores mais de 95% do total dos motores instalados são de indução, trifásicos e monofásicos, os quais são portadores de características operacionais que permitem o acionamento de uma diversidade de modelos de máquinas e equipamentos. Além disso, esses motores têm como uma das principais características a longa vida útil e baixa necessidade de manutenção, bem como menor custo e maior facilidade de instalação (Filho, 2013). Apesar disso, eles podem apresentar problemas funcionais e construtivos caso sejam submetidos a condições de operação distante da nominal, ou seja, acima das condições operacionais recomendadas.

Diante disso são encontradas diversas soluções na literatura. Por exemplo, Chetwani, *et al.*, (2005) verificaram que com o monitoramento dos sinais de corrente de um motor de indução é possível diagnosticar determinadas falhas que ocorrem no mesmo. Os autores fazem uso de um sistema composto de um conversor analógico-digital, onde realizam a digitalização dos sinais de corrente que percorrem as fases de alimentação do motor. Para correntes altas usam um transformador de corrente com a finalidade de rebaixar a níveis adequados. Com os sinais já digitalizados realizam uma análise no domínio da frequência por meio de algoritmo baseado na *Fast Fourier Transform* (FFT). Com esse sistema os autores conseguiram realizar diagnósticos de falhas relacionadas ao rotor, estator, rolamentos e excentricidade realizando comparações entre espectros dos sinais de corrente encontrados nos motores danificados e os motores saudáveis. Assim é possível determinar diagnósticos de falhas em motores sem a necessidade de intervenção mecânica ou a parada destas máquinas.

Um sistema de monitoramento de motores de indução em tempo real pode ser desenvolvido utilizando um *Advanced* RISC *Machines* (ARM), conectado a uma rede com tecnologia *Controller Area Network* (CAN). Nesse sistema o ARM S3C2410X representa o microprocessador, o qual é responsável pela aquisição e processamento dos dados. Esse dispositivo é capaz de realizar uma amostragem de 500 kSPS com resolução de 10 bits, ou seja, 500000 amostras por segundo com valor decimal que vai de 0 a 1023. O MCP2510 é um controlador CAN autônomo desenvolvido para simplificar aplicativos que requerem interface com um barramento CAN. Na aquisição dos sinais são usados sensores de tensão e corrente SPT204A e SCT240B, respectivamente, com finalidade de adequar os valores de tensão e corrente ao valores aceitáveis pelo conversor A/D do S3C2410X, que nesse caso corresponde a variação entre 0 e 3.3 volts. O TJA1050T fornece a capacidade de transmissão diferencial, que aumenta muito a confiabilidade 15 da comunicação, e ainda faz a conexão entre o MCP2510 e a rede. Dessa maneira esse sistema proporciona um monitoramento em tempo real de uma rede de máquinas de indução de maneira estável e confiável (Wang, *et al.*, 2011).

A análise da assinatura elétrica realiza um rastreamento de componentes com falha presentes em motores de indução. Esse diagnóstico é realizado por meio de diferentes ferramentas de processamento de sinal, como por exemplo a transformação de Fourier. Entretanto, os indicadores de falhas podem variar com o tipo, modelo, potência ou com a característica de carga da máquina. Neste sentido, Fournier, *et al.*, (2014) realizam um trabalho direcionado em mitigar essas variações. Para isso foi desenvolvido um protocolo de monitoramento que tem a finalidade de construir referências genéricas para os diagnósticos de falha nessas máquinas. Essas referências são geradas analisando o perfil de torque e velocidade. Dessa forma, obtém-se um diagnóstico mais preciso independente da região de operação em que se situa o motor.

De acordo com Patil, *et al.*, (2014), pode-se desenvolver um sistema de monitoramento por meio de um Processador Digital de Sinais (PDS), popularmente conhecido como *Digital Signal Processor* (DSP). Os autores propuseram a execução de uma série de amostragem dos valores de tensão e corrente por meio de sensores e transformadores, os quais tem o propósito de adequar os valores a serem medidos. Em seguida, foram realizados os cálculos que indicam a potência complexa e, por fim, esses valores foram atualizados em um display *Liquid Crystal Display* (LCD) e enviados ao computador por intermédio de um módulo de comunicação sem fio denominado de ZigBee. Dessa forma os autores realizaram um monitoramento com baixo custo de implementação e ainda com uma grande flexibilidade, em virtude do uso de um módulo de conexão sem fio, facilitando a instalação.

Conforme é proposto por Menezes (2017), é possível desenvolver um programa em LabVIEW para realizar o monitoramento de um motor de indução trifásico, para tanto se faz necessário o uso de instrumentos para aquisição dos valores de tensão e corrente. Nesse caso o autor indica o uso de transdutores para transformar os valores de tensão nominais em níveis adequados ao hardware responsável pela aquisição de dados que para esse trabalho utilizase a placa PCI NI-6220 da *National Instruments*. Essa placa de aquisição, tem a finalidade de converter os sinais analógicos para digitais. Assim o computador poderá receber esses sinais e processá-los por intermédio do programa LabVIEW, o qual possui uma linguagem de programação gráfica que facilita a implementação de algoritmos. Além disso, esse aplicativo possui ferramentas que auxiliam nos cálculos da potência complexa e nas análises gráficas das formas de ondas de tensão e corrente.

Diante dos trabalhos apresentados percebe-se que existem vários métodos de monitoramento e análise de máquinas de indução. Esses trabalhos apresentam concordância em alguns aspectos como: desenvolvimento de sistemas de baixo custo, diagnósticos mais precisos e sem a necessidade de parada do motor e facilidade de instalação do sistema.

Neste contexto, o presente trabalho contribui como um primeiro passo para o desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento onde será possível realizar a análise de erros por meio de ensaios operacionais e paramétricos de máquinas de indução.

## 2. PLATAFORMA DE MONITORAMENTO E ANÁLISE OPERACIONAL

O modelo proposto é apresentado na Fig. 1, onde a fonte de alimentação corresponde as fases A, B e C, que alimentam o motor e N, em que o neutro serve de referência para o sistema de aquisição de sinais. Os sensores de corrente e tensão são responsáveis pela conversão dos valores nominais da rede para valores adequados ao *hardware* de tratamento dos sinais, o qual tem a finalidade de eliminar ruídos indesejáveis e proteger o processador de sinais de sobretensões. Este por sua vez envia os dados processados ao computador por intermédio de um sistema de comunicação, onde um programa de monitoramento interpreta os dados e disponibiliza de maneira gráfica os diagnósticos desejados. Tendo em vista essa configuração, é possível efetuar uma análise das formas de onda de corrente e tensão nos motores de indução, determinando a qualidade da energia aplicada no mesmo, bem como valores da potência complexa. Além disso, pode-se usar essa ferramenta no meio acadêmico contribuindo na comparação dos diversos tipos de acionamentos aplicados a essas máquinas e no auxílio da compreensão sobre o funcionamento do seu circuito elétrico. Nesse trabalho serão desenvolvidos algoritmos responsáveis pela determinação da potência complexa e a análise de componentes harmônicos, a partir da amostragem dos sinais de corrente e tensão aplicadas ao motor.

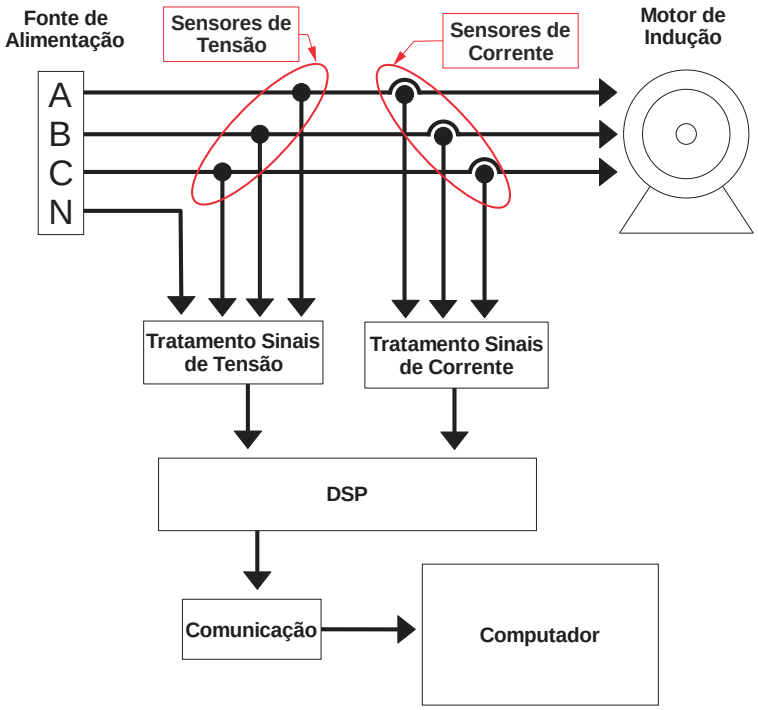



Figura 1. Diagrama da Plataforma

## 2.1 Potência Complexa

Para determinação da potência complexa definiu-se o uso de dois métodos. O primeiro método baseado na transformada de Clarke, e o segundo método é fundamentado em filtros digitais.

### 2.1.1 Algoritmo de Medição Baseado na Transformada de Clarke

No estudo dos sistemas de energia é muito comum utilizar transformações lineares, as quais têm como finalidades desacoplar variáveis, para facilitar a solução de equações diferenciais com coeficientes variantes no tempo, ou ainda referir todas as variáveis a um plano de referência comum. Dessa forma podem-se representar as tensões e correntes produzidas por uma fonte em vetores estacionários. Por meio da transformada de Clarke, no qual os valores referentes aos vetores trifásicos são convertidos para um sistema cartesiano ortogonal constituído por dois vetores $V_\beta$ e $V_\alpha$ (Ong, 1998). A relação trigonométrica que constitui a transformada de Clarke invariante em amplitude pode ser representada na forma:

$$\begin{pmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \cdot \begin{pmatrix} 1 & -\cos(60°) & -\cos(60°) \\ 0 & -\cos(30°) & -\cos(30°) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix}. \tag{1}$$

Os vetores alpha e beta estão em quadratura, assim, obtém-se o vetor resultante $V_p$, o qual representa a tensão de pico do sistema trifásico, determinado por

$$V_p = \sqrt{V_\alpha^{\,2} + V_\beta^{\,2}}\,. \tag{2}$$

Com a tesão de pico é possível encontrar o valor de tensão eficaz $V_{ef}$ expresso como

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}\,. \tag{3}$$

As relações anteriores podem ser usadas para determinar o valor da corrente trifásica. Dessa forma após obter os valores de corrente e tensão do sistema trifásico pode-se obter os valores da potência aparente trifásica $S_{3\phi}$ e a potência ativa $P_{3\phi}(t)$. Com isso é determinado o fator de potência $FP$ que pode ser expresso por

$$FP = \frac{P_{3\phi}(t)}{S_{3\phi}} . \tag{4}$$

Diante dessas relações é possível implementar um algoritmo, que por meio de amostras discretas das tensões e correntes presentes nas fases do motor, determina os valores da potência complexa aplicadas no motor analisado.

### 2.1.2 Algoritmo de Medição Baseado em Filtros Digitais

Tendo em vista o desenvolvimento dos sistemas digitais microprocessados, os filtros digitais têm se tornado popular no desenvolvimento tecnológico, pois possuem várias vantagens em relação aos filtros analógicos, tais como, não são perturbados pela variação dos componentes, temperatura, umidade ou tempo de uso. Além disso, oferecerem uma grande flexibilidade em suas características operacionais, sendo alteradas facilmente por meio da reprogramação do algoritmo que o representa. Dessa forma permite-se o ajuste necessário para devida aplicação do filtro sem a necessidade de mudança física, como acontece nos filtros analógicos (Lathi, 2006).

Para que o sinal a ser amostrado não perca suas características é necessário definir uma frequência de amostragem mínima, para tal deve-se levar em conta o quão rápido o sinal varia no tempo, ou seja, suas frequências. Dessa forma para que um sinal possa ser reconstituído totalmente, teoricamente é preciso que a frequência de amostragem seja o dobro da frequência mais alta presente no sinal, sendo assim essa denominada de taxa de Nyquist, caso seja superior ou inferior a essa é dito como superamostrado ou subamostrado respectivamente (Roberts, 2010).

Dessa forma ao considerar essas condições é possível implementar um filtro digital. Tendo conhecimento que $I_{ef}$ é obtido por

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} i(t)^2\, dt} \tag{5}$$

pode-se encontrar o valor médio de $i(t)^2$ por intermédio de um filtro passa-baixa, o qual quando configurado com uma frequência inferior à do sinal a ser medido, converge seu valor de saída para o valor médio do sinal. Logo a função fundamental do filtro nesse caso é obter o valor médio do sinal. Portanto pode-se encontrar o valor de $I_{ef}$ por meio do sistema representado na Fig. 2 (Mienkina, 2016).

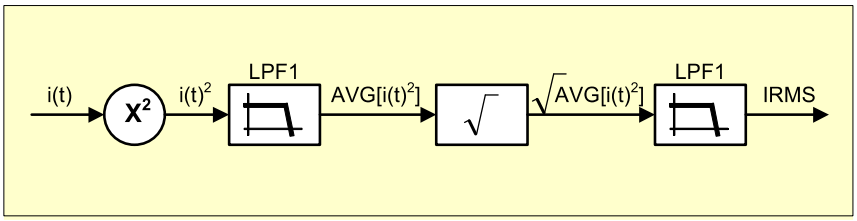



Figura 2. Determinação da Corrente Eficaz de um Sinal Senoidal

Esse modelo também pode ser usado para a determinação da tensão eficaz visto que a relação matemática entre a tensão média e a instantânea é a mesma da corrente. Diante disso obtêm-se os valores da potência complexa utilizando as Eq. (3) e (4). Com base nessas equações e no método representado, desenvolve-se o algoritmo que tem a finalidade de realizar uma análise individual da potência complexa de cada fase do motor, gerando um resultado mais exato para sistemas trifásicos desequilibrados.

### 2.2 Algoritmo de Análise de Espectro Harmônico Baseado na Série de Fourier de Tempo Discreto

Os sinais no tempo discreto possibilitam sua manipulação e processamento em computadores digitais e dispositivos microprocessados. Dessa forma cria-se uma grande gama de possibilidades para processamento digital substituindo diversos dispositivos analógicos e simplificando muitos sistemas eletrônicos, além de contribuir para o desenvolvimento de plataformas virtuais, as quais simulam o comportamento de dispositivos físicos (Diniz, *et al.*, 2014).

Com o intuito de caracterizar um sinal discreto no domínio da frequência aplica-se, usualmente, a Transformada de Fourier Discreta, do inglês, *Discrete Fourier Transform* (DFT), porém esse método demanda um grande número de cálculos. Com a finalidade de mitigar esse desafio de implementação digital foi desenvolvido algoritmos eficientes para efetuar seu cálculo. Diante disso, foi proposta a denominada Transformada Rápida de Fourier, do inglês *Fast Fourier Transforms* (FFT) (Diniz, *et al.*, 2014).

Com o objetivo de verificar os componentes harmônicos presentes nos sinais elétricos de alimentação de um motor, de maneira eficiente e que exija menor capacidade de processamento possível, faz-se necessário o uso da Série de Fourier em Tempo Discreto (SFTD), a qual permite analisar sinais discretos, periódicos no tempo (Lathi, 2006). A STDF de um sinal discreto x [n], é determinada por

$$C_k = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\left\{\cos\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) - jsen\left(\frac{2\pi}{N}kn\right)\right\} \tag{6}$$

onde N representa o número de amostras do sinal, k o número do coeficiente da série a ser calculado e n tempo discreto.

Com base na Eq. (6) foi desenvolvido o algoritmo que tem como principal objetivo determinar os coeficientes harmônicos presentes em um sinal, com baixa demanda computacional. Dessa forma o algoritmo foi desenvolvido de maneira que a memória usada para o cálculo compreende um vetor de entrada *x[n]* e um vetor de saída *y[k]*, logo consegue-se otimizar o uso de memória utilizada para efetuar o cálculo.

## 3. RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

A Figura 3 representa o circuito de simulação implementado no aplicativo PSIM onde os algoritmos, desenvolvidos em linguagem de programação C e no formato de implementação digital microprocessada foram simulados. Essa simulação tem como finalidade validá-los a partir da comparação dos seus resultados com os oriundos das ferramentas matemáticas disponíveis no PSIM.

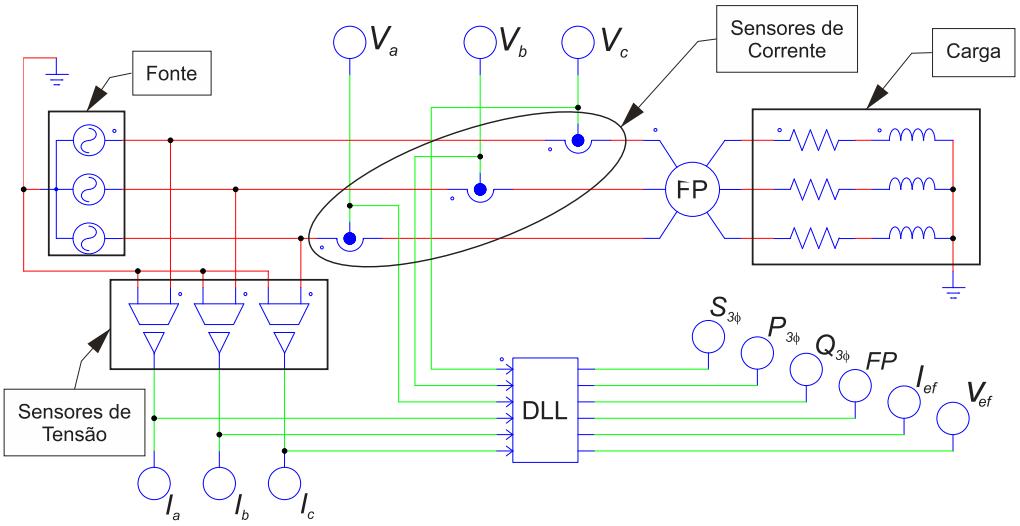



Figura 3. Circuito de Simulação dos Algoritmos no Programa PSIM

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos ao comparar os algoritmos que determinam os valores da potência complexa com as ferramentas de análise do aplicativo PSIM. Diante dos resultados percebe-se um erro relativo menor nos cálculos realizados por meio do algoritmo baseado em filtros digitais.

Tabela 1. Comparação entre Resultados Obtidos pelo Aplicativo PSIM e pelo Algoritmo Potência Complexa

| Grandeza | Método | PSIM | Algoritmo | Erro relativo |
|---|---|---|---|---|
| Fator de potência | Clarke | 0.93572 | 0.93572 | 0.00032% |
| | Filtro | 0.98269 | 0.98269 | 0.00002% |
| Corrente eficaz | Clarke | 3.12060 | 3.12050 | 0.00320% |
| | Filtro | 3.12047 | 3.12045 | 0.00064% |
| Potência aparente trifásica | Clarke | 566.200 | 566.100 | 0.01766% |
| | Filtro | 594.530 | 594.520 | 0.00168% |

Por outro lado, a Tab. 2 apresenta os resultados referentes a análise dos componentes harmônicos, que são validados mediante a comparação entre os resultados do algoritmo e das ferramentas de análise do aplicativo PSIM. Os resultados demostram um erro relativo desprezível em baixas frequências e aceitável para altas frequências, já que essas componentes geralmente apresentam amplitudes tendo pouca influência na distorção harmônica.

Tabela 2. Comparação entre Resultados Obtidos pelo Aplicativo PSIM e pelo Algoritmo Componentes Harmônicos

| Frequência (Hz) | PSIM (V) | Algoritmo (V) | Erro Relativo |
|---|---|---|---|
| 60 | 1.0000192 | 0.9995518 | 0.047% |
| 600 | 0.7999431 | 0.8010323 | 0.136% |
| 1200 | 0.5999936 | 0.5986814 | 0.219% |
| 1800 | 0.4000913 | 0.3956454 | 1.111% |
| 2400 | 0.2001857 | 0.1944458 | 2.867% |

## 4. CONCLUSÃO

Este trabalho propôs a implementação dos algoritmos de cálculo da potência complexa e de definição do espectro harmônico visando o desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento e análise aplicada a motores de indução trifásicos. A determinação da potência complexa foi investigada por meio de dois algoritmos: o algoritmo baseado na transformada de Clarke que apresentou uma resposta mais rápida, e é limitado para sistemas trifásicos equilibrados; o algoritmo baseado em filtros digitais demanda uma maior capacidade computacional, atrasando sua resposta, todavia proporciona uma avaliação individual de cada fase. Em termos de aplicação aos motores de indução trifásicos, o algoritmo baseado em filtros digitais propicia um desempenho superior por causa de sua avaliação individual, visto que fisicamente o motor possui pequenas divergências em suas fases. Para o diagnóstico das componentes harmônicas definiu-se a SFTD, a qual proporcionou o desenvolvimento de um algoritmo com baixa demanda computacional. Em geral, os resultados demonstraram a possibilidade plena de implementação da proposta. Diante desses pode-se inferir que a mesma atingiu um adequado grau de exatidão devido aos reduzidos erros relativos.

Em trabalhos futuros pretende-se desenvolver o *hardware* responsável pela aquisição de sinais, processamento e comunicação com o computador, aonde será implementado uma interface gráfica no aplicativo Visual Studio. Por fim será realizada a validação experimental da plataforma para determinação de seu funcionamento.

## 5. REFERENCIAS

Chetwani, S.; Shah, M.; Ramamoorty, M. “Online condition monitoring of induction motors through signal processing.” *2005 International Conference on Electrical Machines and Systems,* v. 3, n. 6, p. 2175–2179, 2005. ISSN 00939994.

Diniz, P.; Silva, E. A. B. da; Netto, S. L. “Processamento Digital de Sinais: Projeto e Análise de Sistemas.” 2nd. ed. [S.l.]: Bookman, 2014. ISBN 978-8582601235.

Filho, G. F. “Motor de Indução.” 2nd. ed. [S.l.]: Érica, 2013.

Fournier, E. et al. “A generic diagnosis protocol for the monitoring of induction motors based on multiple statistical references in the torque-speed plane.” *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference),* p. 3348–3354, 2014. ISSN 1553-572X.

Freitas, M. M. B. C. de; Fraga, M. A. d. F.; Souza, G. P. L. de. “Logística 4.0: Conceitos e Aplicabilidade: uma pesquisa-ação em uma Empresa de Tecnologia para o Mercado Automobilístico.” *Caderno PAIC,* v. 17, n. 1, p. 237–261, 2016. ISSN 2447-8954.

Lathi, B. “Sinais e Sistemas Lineares.” 2nd. ed. [S.l.]: Bookman, 2006.

Menezes, N. R. “Desenvolvimento de Programa em LabVIEW para Monitoramento de um Motor de Indução Trifásico.” Monografia (Graduação) — UFRJ - Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2017.

Mienkina, M. “Filter-Based Algorithm for Metering Applications.” Rev. 4. [S.l.]: NXP Semiconductors, 2016.

Ong, C. M. “Dynamic Simulation of Electric Machinery: Using MATLAB/SIMULINK.” [S.l.]: Prentice Hall PTR, 1998. ISBN 9780137237852.

Patil, R. R.; Date, T. N.; Kushare, B. E. “ZigBee based parameters monitoring system for induction motor.” *2014 IEEE Students’ Conference on Electrical, Electronics and Computer Science*, SCEECS 2014, 2014.

Roberts, M. J. “Fundamentos de Sinais e Sistemas.” [S.l.]: ArtMed, 2010.

Wang, C. et al. “An On-line Distributed Induction Motor Monitoring System Based-on ARM and CAN Bus.” *2011 Sixth International Symposium on Parallel Computing in Electrical Engineering*, p. 185–188, 2011.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# MODELAGEM E CONTROLE DO MOTOR DE RELUTÂNCIA VARIÁVEL APLICADO NO SISTEMA DE PROPULSÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

**Diego Conti**
**Afonso Carlos Hinkel Júnior**
**Cássio Luciano Baratieri**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Erechim, RS, Brasil
diegocontidc@hotmail.com; hinkel.afonso@gmail.com; cassiobaratieri@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Diante da necessidade do desenvolvimento de tecnologias mais limpas e renováveis para o deslocamento do ser humano, os veículos elétricos têm ganhado espaço no mercado de novas tendências. Apesar disso, existem incertezas sobre qual a tecnologia de motores elétricos do sistema de propulsão elétrica que acarreta em melhores resultados. Em vista da nova tendência tecnológica, neste trabalho, foram realizados estudos concentrados na avaliação funcional do motor de relutância variável comutado. Para uma contextualização e compreensão básica do tema desenvolveu-se uma revisão de literatura. Concomitantemente, buscou-se o desenvolvimento e validação do modelo matemático desse motor, para isso faz-se uso do aplicativo PSIM e de revisões bibliográficas. A validação desse modelo acorreu mediante a comparação com os modelos disponíveis no aplicativo PSIM. Após obter resultados concordantes foram implementados métodos de acionamento e controle que demonstraram as características elétricas e mecânicas desses motores quando são submetidos a determinadas cargas e velocidades. Diante dos resultados encontrados percebe-se que os modelos desenvolvidos são válidos para auxiliar no estudo de novas técnicas de acionamento e controle, além de servirem para comparação com os demais modelos aplicados aos veículos elétricos.*

***Palavras-chave:*** *motor de relutância variável, veículos elétricos, acionamento e controle de motores elétricos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à ampla dependência do consumo de combustíveis fósseis, sendo esses não renováveis, se faz necessário o desenvolvimento de novas tecnologias vinculadas às fontes renováveis e limpas. Diante disso, os veículos elétricos têm conquistado espaço no mercado de novas tendências em virtude das suas vantagens em relação ao veículo com motor de combustão interna, tais como: emissão zero carbono, alta eficiência energética, independência de produtos petrolíferos, operação mais segura, mais silenciosa e mais suave. Todavia, existem desvantagens como: grande tempo de carregamento da bateria e desempenho dinâmico limitado. Essas limitações estão atreladas ao sistema de propulsão elétrica, o qual é constituído pelo sistema de armazenamento de energia, conversor eletrônico de energia, motor elétrico e controlador eletrônico. Além disso, outras áreas limitantes são o controle de fluxo de potência e o algoritmo de otimização (Chan e Wong, 2004; Kumar e Jain, 2014).

Os veículos elétricos, do inglês *Electric Vehicles* (EV), podem ser classificados em veículos elétricos conectados à rede (*Plug-in Electric Vehicle* - PEV) e os veículos elétricos híbridos (*Hybrid Electric Vehicle* - HEV). Os PEVs são considerados os veículos elétricos que tem sua construção simplificada se comparada com os demais, em que os seus principais componentes são bateria, conversor, motor elétrico e sistema de engrenagem. A bateria é usada para armazenar energia, o conversor controla o fluxo de potência injetado no motor elétrico que tem a finalidade de converter essa potência elétrica em mecânica, e o sistema de engrenagens tem a finalidade de adequar a rotação de trabalho para o motor com o intuído de obter um melhor desempenho. Esses veículos têm como uma grande qualidade a emissão zero de carbono, porém apresentam como desvantagem baixa autonomia, devido à capacidade limitada da bateria e do grande tempo de carregamento. Por outro lado, os HEVs têm como característica principal mais de uma fonte de energia para alimentar o grupo motopropulsor do veículo. Logo, as várias fontes de energia interagem entre si de maneira a obter um melhor desempenho nas arrancadas e uma melhor eficiência energética no decorrer do percurso a ser rodado (Lulhe e Date, 2016).

Os HEVs podem ser classificados em três configurações. Na configuração série HEV, apenas o motor elétrico está conectado a transmissão do veículo. Desta forma, todo o torque é inteiramente produzido pelo motor elétrico, enquanto que o motor de combustão interna (do inglês, *Internal Combustion* - IC) atua como uma máquina motriz conectada a um gerador elétrico, cuja finalidade é fornecer energia elétrica ao motor e à bateria. Diferentemente, na configuração

paralela HEV, o torque total é obtido pela soma do motor IC e do motor elétrico. Durante as viagens curtas e de baixa exigência de torque, o motor elétrico propulsiona o veículo, enquanto em deslocamentos longos o motor IC assume tal propósito. O veículo ainda pode combinar o uso dos dois motores a fim de maximizar o desempenho em diversas situações. Por fim, os HEV podem ser encontrados na configuração série-paralelo. Esse arranjo é similar ao dos híbridos paralelos, mas diferem no aspecto de que um gerador é acoplado ao motor IC, o qual carrega a bateria. Durante o funcionamento normal, o motor IC gira tanto a transmissão como o gerador, que por sua vez alimenta a bateria através da unidade de controle eletrônico. Durante a aceleração do veículo, o motor elétrico obtém a energia da bateria e auxilia o motor IC a atingir a aceleração solicitada (Lulhe e Date, 2016).

Para uma adequada operação do EVs, é essencial a coordenação de controle dos diversos elementos que o constituem (p.ex. coordenação entre controle de armazenamento da bateria, controle dos conversores estáticos, controle do sistema de propulsão, entre outros). Neste contexto, um dos principais subsistemas de controle e atuação é o conjunto de acionamento e controle do motor elétrico, o qual é responsável pela conversão de energia elétrica em energia mecânica, promovendo a propulsão do EV. Entretanto, diversos tipos de motores elétricos têm sido aplicados nos EVs tais como motor CC, motor BLDC, motor de indução, motor síncrono de ímãs permanentes e o Motor de Relutância Variável (MRV) (Xue, *et al.*, 2008; Yildirim, *et al.*, 2015). Além disso, conforme Yildirim, *et al.*, (2015) e Zeraquila *et al*., (2006), diferentes tipos de motores requerem distintos métodos de acionamento e controle, evidenciando então possíveis lacunas de caráter técnico/científico que podem ser investigadas. Uma vez que um sistema de acionamento elétrico projetado de modo inadequado reduz a autonomia do veículo em decorrência da baixa eficiência na conversão de energia (Baratieri, 2015).

Neste sentido, este trabalho contribui ao estudo do MRV, e diante dos resultados obtidos é possível realizar comparações com as demais tecnologias de motores elétricos para determinar qual tem o melhor desempenho operacional.

## 2. METODOLOGIA

Nesta seção são apresentados o modelo matemático do MRV comutado e o seu principal método de acionamento e controle. Além disso, é discutida a validação do modelo e sistema de controle por intermédio do aplicativo PSIM. Esse aplicativo possui uma vasta gama de ferramentas para simulação e análise de controle e acionamento de máquinas elétricas, além de possuir modelos matemáticos consagrados na literatura. Desta forma, esses modelos tornam-se válidos como uma base de referência à comparação dos resultados parciais.

### 2.1 Principais Motores Elétricos Utilizados em EVs

Os motores elétricos têm suas vantagens em relação aos motores IC. Normalmente o motor elétrico elimina a necessidade de um motor estar em rotação enquanto o EV está parado. Além disso, é possível produzir grande torque a baixa velocidade e oferecer uma ampla gama de variações de velocidade. Dessa forma podem-se desenvolver sistemas mais leves, mais compactos e mais eficientes, aproveitando as características dos motores elétricos (Xue, *et al.*, 2008).

Nos EVs algumas caraterísticas operacionais são exigidas dos motores elétricos como: uma potência instantânea elevada e uma alta densidade de potência; alto torque a baixa velocidade para partida e escalada, bem como uma alta potência a alta velocidade para cruzeiro; faixa de velocidade muito ampla com região de potência constante; resposta de torque rápido; alta eficiência em relação à ampla faixa de velocidade com torque constante e regiões de potência constante; alta eficiência para a frenagem regenerativa; redução de peso; menor momento de inércia; alta confiabilidade e robustez para várias condições de operação do veículo; custo razoável; tolerância a falhas. Conforme Yildirim, *et al.*, (2015) e Zeraquila *et al.*, (2006), diversos motores podem ser adotados para atender essas características. Os principais motores usados em EVs são: motor de corrente contínua com escovas, motor de indução, motor BLDC, motor síncrono de ímãs permanentes e o MRV.

Motores de corrente contínua com escovas tem suas características de toque-velocidade compatíveis com as exigidas pelos EVs, além da facilidade de controle de velocidade, a qual é usualmente realizada por meio da variação da tensão aplicada nos seus terminais. No entanto, os motores de corrente contínua com escova têm uma construção volumosa, baixa eficiência, baixa confiabilidade e maior necessidade de manutenção, principalmente devido à presença do comutador mecânico e escovas. Com isso esses motores acabam se tornando mais pesados e caros, além do atrito entre escovas e comutador restringir a velocidade máxima do motor (Rajakaruna, *et al.*, 2014; Xue, *et al.*, 2008).

Motores de indução apresentam uma construção simples, confiabilidade, robustez, baixa manutenção, baixo custo e capacidade de operar em ambientes hostis. Devido à ausência de fricção ocasionada por escovas, os motores podem aumentar o limite de velocidade máxima, com isso esses motores desenvolvem alto rendimento. As variações de velocidade dos motores de indução são alcançadas alterando a frequência e tensão. Com técnicas de controle avançadas um motor de indução projetado corretamente pode operar em uma faixa de 3 a 5 vezes a velocidade da nominal. No entanto, os controladores de motores de indução têm custos mais elevados que os de motores de corrente contínua, e ainda a eficiência em alta velocidade pode ser mitigada (Xue, *et al.*, 2008; Emadi, 2015).

Os motores BLDC e motores de ímãs permanentes possuem uma alta eficiência e alta densidade de potência. Usando ímãs permanentes, esses motores podem eliminar a necessidade de energia externa para produzir a excitação da máquina. Portanto, eles são capazes de atingir uma maior eficiência que os motores de corrente contínua com escovas, motores de indução e MRVs. Contudo esses motores possuem algumas desvantagens como o ímã representar um alto custo e que a resistência mecânica do ímã dificulta a produção de um grande torque no motor (Xue, *et al*., 2008; Krishnan, 2010; Krause, *et al*., 2013)

Os motores MRV estão ganhando muito interesse e são reconhecidos como potenciais para aplicações EVs. Além disso, possuem vantagens definidas, como construção simples e robusta, operação tolerante a falhas, controle simples e características de torque e velocidade excepcionais. Os MRVs podem operar inerentemente com uma faixa de potência constante extremamente longa. Suas características de torque e velocidade atendem as características de carga exigidas pelos EVs. Além disso, esse motor possui capacidade de operação de alta velocidade com uma ampla região de energia constante, além de disponibilizar alto torque de partida e alta relação entre torque e inércia. A estrutura do rotor é extremamente simples sem enrolamentos, ímãs, comutadores ou escovas (Krishnan, 2001).

Devido à baixa inércia do rotor, o MRV tem uma aceleração muito rápida e operação com amplo alcance de velocidade, esse motor é particularmente adequado para operação sem engrenagem na propulsão EVs. Além disso, a ausência de fontes magnéticas, ou seja, enrolamentos ou ímãs permanentes no rotor tornam o motor relativamente fácil de resfriar e insensível às altas temperaturas. Este é o principal interesse em aplicações automotivas, que exigem operação em condições ambientais difíceis. A faixa de 2-3 vezes a velocidade da base é possível atingir usando um controle avançado. (Xue, *et al.*, 2008). Todavia, o MRV pode ser classificado em duas categorias: o motor de relutância variável comutado (do inglês, *Switched Reluctance Motor* - SRM) e o motor síncrono de relutância variável. Para este trabalho será avaliado SRM já que esse apresenta uma condição muito desejada para propulsão veicular, a operação tolerante a falhas, na qual o motor consegue operar mesmo perdendo a conexão com alguma fase ou com algum enrolamento danificado.

### 2.2 Motor de Relutância Variável Comutado

Os SRMs possuem características distintas das demais máquinas de Corrente Alternada (CA). Logo, esta seção visa evidenciar o principal método de acionamento e controle bem como seu modelo matemático.

#### 2.2.1 Modelo Dinâmico do Motor de Relutância Variável Comutado

A partir do circuito elétrico equivalente proposto por Krishnan (2001), é possível estabelecer um modelo dinâmico do motor trifásico equilibrado utilizando o aplicativo PSIM. Primeiramente foi desenvolvido um algoritmo responsável pela variação da indutância. Nesse caso foi utilizado um bloco do aplicativo PSIM que tem a capacidade de executar um algoritmo em C. Diante disso foi desenvolvido um código que calcula a indutância presente nas fases em função da posição em que o rotor do motor se encontra. Visto que a máquina é trifásica a variação de indutância apresentará simetria e defasagem de 120º elétricos. O algoritmo de variação de indutância foi desenvolvido conforme o modelo proposto por Krishnan (2001).

A Fig. 1 exibe o circuito implementado no PSIM, cuja finalidade é simular a parte indutiva e resistiva do modelo elétrico. A parte resistiva é definida nas características elétricas atribuídas ao modelo. Por outro lado, a parte indutiva corresponde ao valor recebido do algoritmo responsável pelo cálculo da variação da indutância. Com os valores de indutância, velocidade de rotação do eixo e corrente da fase, é possível determinar o valor do torque equivalente. Os blocos *Fase A* e *Fase A'* representam os terminais de ligação bidirecional dessa fase, em que são conectados os sistemas de potência responsáveis pela alimentação do motor.

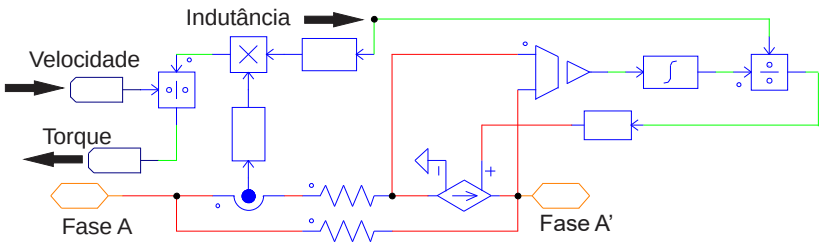



Figura 1. Circuito Equivalente de uma Fase do Motor

A partir do torque obtido nas fases *A, B e C* do motor, adicionou-se o modelo referente à parte mecânica do motor em questão. A Fig. 2 mostra o circuito responsável por simular o comportamento do sistema mecânico rotacional. Por meio desse circuito equivalente é possível determinar a velocidade angular, a posição angular e a torque disponível no eixo do motor. Além disso, desenvolveu-se o sistema que torna flexível a configuração de parâmetros como o coeficiente do momento de ircia (J) e coeficiente de atrito (B).

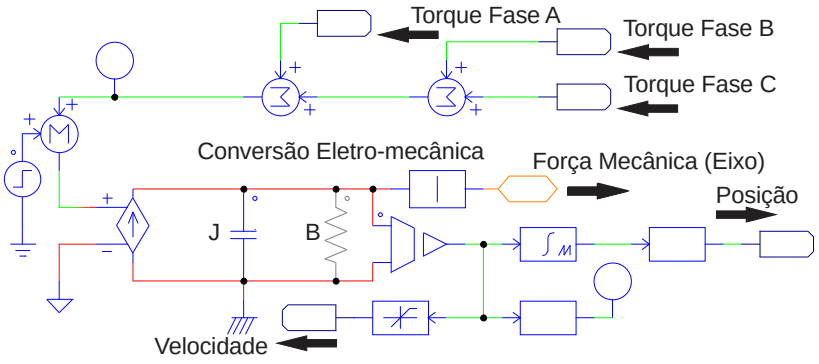



Figura 2. Circuito Responsável pela Conversão Eletromecânica

### 2.2.2 Principais Métodos de Acionamento e Controle

Os inversores clássicos utilizados em máquinas CA não são compatíveis com os SRM, porque o torque produzido por esses motores é independente da polaridade do campo, exigindo um modelo de conversor estático específico. As principais características avaliadas para determinar o tipo de conversor são o custo, densidade de energia, eficiência, controle e confiabilidade. Diante disso, os conversores que mais atendem os requisitos são o conversor de ponte assimétrico e o conversor C-dump. O conversor assimétrico possui vantagens como alta capacidade de controle e alta confiabilidade, porém apresenta maior custo devido ao número de dispositivos eletrônicos usados em sua construção. Por outro lado, o conversor C-dump SR evidencia as vantagens de exigir menos interruptores e capacidade independente de controle de corrente de fase, todavia, requer um capacitor adicional e possui uma comutação de corrente mais lenta. O conversor de ponte assimétrica utilizado no SRM usa dois interruptores e dois diodos por fase. Logo, a principal vantagem deste conversor é a flexibilidade de controle que permite que todas as fases da máquina possam ser controladas de forma independente. Em contrapartida, ele necessita de mais dispositivos eletrônicos, aumentando o custo do conversor e seu tamanho. Contudo, devido ao avanço tecnológico, a densidade volumétrica e o custo dos dispositivos de eletrônicos tem reduzido significativamente (Chau, 2015).

O sistema de controle para o SRM foi desenvolvido com o propósito de controlar a velocidade de rotação do motor. Esse sistema possui uma realimentação negativa, ou seja, é realizada a medida da velocidade atual do motor e, posteriormente, comparada com uma velocidade desejada. A diferença entre elas, conhecida como o erro de velocidade, é minimizada por um controlador, ajustando a razão cíclica da tensão aplicada à planta (motor). Para essa máquina foi necessário desenvolver um sistema de seletividade do chaveamento nas fases do motor, que atua com base na posição do eixo. Essa posição é calculada através da integração da velocidade angular do eixo. O processo de seletividade de fase foi desenvolvido através de um bloco do aplicativo PSIM que permite a implementação de um algoritmo em linguagem C, o qual tem a função de selecionar a fase ideal a ser excitada (torque positivo). A magnitude dessa excitação é realizada por meio de um módulo PWM, o qual é controlado diretamente pelo controlador, que varia a largura do pulso aplicado nas fases conforme a velocidade requerida.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validação comparativa do modelo proposto utilizou-se do aplicativo PSIM, que disponibiliza um modelo dinâmico de um MRV comutado. Assim, foram ajustados os parâmetros do modelo do PSIM e do modelo desenvolvido, conforme a Tab. 1. Esses modelos foram submetidos às mesmas condições mecânicas e elétricas. Os resultados de simulação são apresentados na Fig. 3, em que se percebe uma concordância entre as formas de ondas e valores obtidos, indicando coerência entre os dois modelos. As discrepâncias verificadas são decorrentes da diferença na forma de cálculo da variação das indutâncias. O modelo proposto não apresenta suavização nas transições entre as regiões de indutância máxima e mínima. O manual do aplicativo PSIM não revela informações de como é realizado esse processo no modelo comercial.

Tabela 1. Parâmetros Utilizados na Simulação

| Parâmetro | Valor | Parâmetro | Valor |
|---|---|---|---|
| Resistência de Fase | 2.5 [Ω] | Theta Máximo | 4° |
| Indutância Mínima | 1.8 [mH] | Número de Polos do Estator | 6 |
| Indutância Máxima | 88 [mH] | Número de Polos do Rotor | 4 |
| Theta Mínimo | 4° | Momento de Inércia | 1.79E-05 |

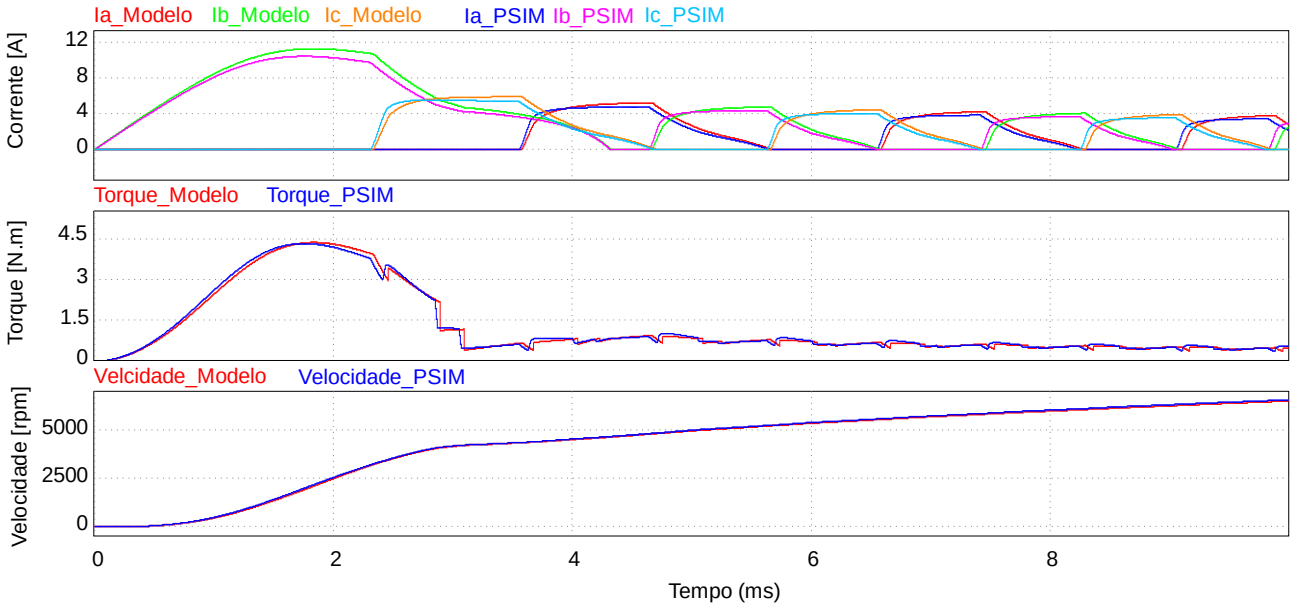



Figura 3. Comparação da Corrente e Velocidade entre o Modelo Desenvolvido e o Modelo do Aplicativo PSIM

Com a finalidade de investigar o desempenho de controladores clássicos, utilizou-se de um bloco PI disponível no aplicativo PSIM, em que é possível implementar um controlador proporcional integral. O ajuste do controlador foi realizado no programa MATLAB que com seus recursos oferece condições para alcançar uma sintonia estável para o modelo. Diante disso foram realizadas simulações no aplicativo PSIM.

A Fig. 4 apresenta o comportamento do sistema, com o bloco que representa um controlador PI, disponível no PSIM. Nessa simulação são implementadas duas malhas de controle, a de velocidade com uma frequência de corte de 23 Hz e uma de corrente com 160 Hz, oferecendo um controle de velocidade com um bom rastreamento. Esse resultado é esperado devido ao fato do sistema mecânico e do sistema elétrico do SRM serem de primeira ordem, e ainda a presença do integrador no controlador PI propicia, teoricamente, um erro nulo em regime permanente. Além disso, é possível notar que no tempo 0,15s ocorre uma diminuição na corrente aplicada e no torque produzido. Esse comportamento acontece devido ao término da rampa de aceleração, o que faz com que o controlador diminua a magnitude da corrente para manter a velocidade desejada, causando alteração no comportamento do torque eletromagnético.

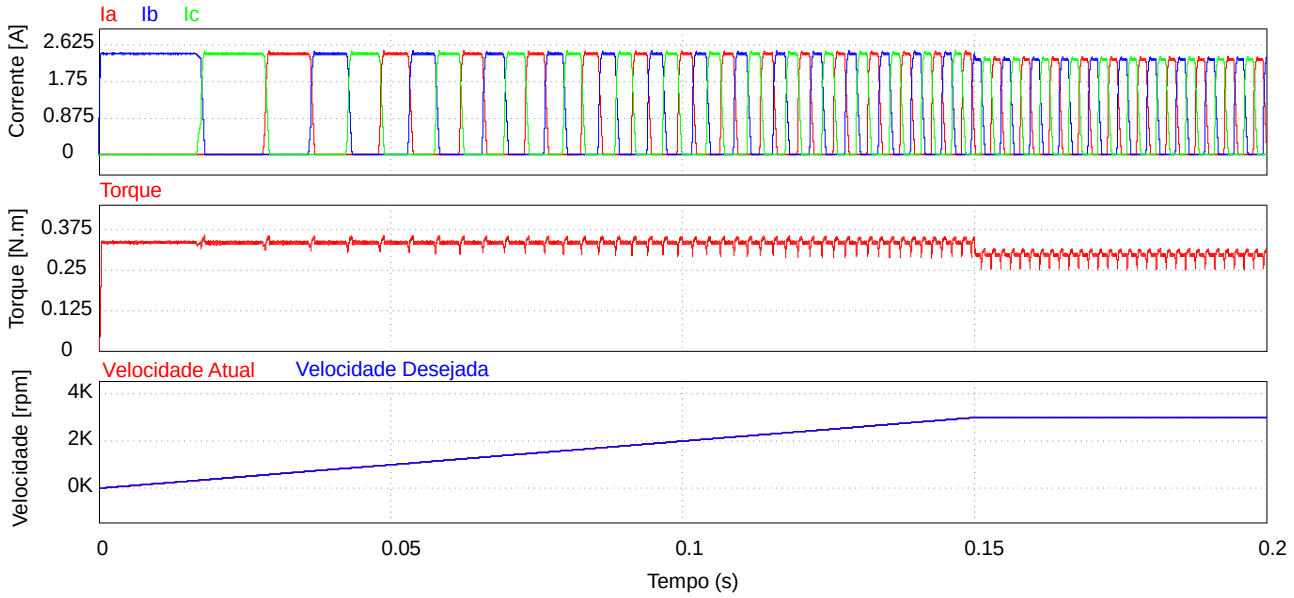



Figura 4. Resultado da Simulação com o Controlador Proporcional Integral

## 4. CONCLUSÃO

Este estudo apresentou uma breve discussão dos principais modelos de veículos elétricos e seus principais sistemas de propulsão. Entretanto, o principal foco deste trabalho concentra-se no SRM. O modelo dinâmico desenvolvido apresentou comportamento coerente com o modelo encontrado no aplicativo PSIM, quando submetido as mesmas condições elétricas e mecânicas. Portanto, é possível afirmar que o modelo desenvolvido é válido para auxiliar no desenvolvimento de novas técnicas de acionamento e controle, além de servir para comparação com os demais modelos de motores aplicados aos EVs.

## 5. REFERÊNCIAS

Chan, C. C.; Wong, Y. S. "Electric vehicles charge forward." *IEEE Power and Energy Magazine*, v. 2, n. 6, p. 24–33, 2004.

Kumar, L.; Jain, S. "Electric propulsion system for electric vehicular technology: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 29, p. 924–940, 2014.

Lulhe, A. M.; Date, T. N. "A technology review paper for drives used in electrical vehicle (EV) & hybrid electrical vehicles (HEV)". *2015 International Conference on Control Instrumentation Communication and Computational Technologies, ICCICCT 2015*, p.632–636, 2016.

Xue, X. D; Cheng, K. W. E. Cheung, N. C. "Selection of electric motor drives for electric vehicles." *Power Engineering Conference, 2008. Australasian Universities*, p. 1–6, 2008.

Yildirim, M., Polat, M.; Kurum, H. "A survey on comparison of electric motor types and drives used for electric vehicles." *16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition, PEMC 2014*, p. 218–223, 2015.

Baratieri, C. L. "Contribuições ao Controle do Motor Síncrono de Ímã Permanente com FCEM não Senoidal". UFSM - RS, 2015.

Zeraoulia, M; Benbouzid, M E H; Diallo, D. "Electric Motor Drive Selection Issues for HEV Propulsion Systems: A Comparative Study." *IEEE Trans,Vehicular Technology*, v. 55, n.6, p. 1756–1764, 2006.

Rajakaura, S; Shahnia, F; Ghosh, A. *"*Plug In Electric Vehicles in Smart Grids:Energy Management.*"* [S.l.]: Springer Singapore, 2014.

Emadi, A. *"*Advanced Electric Drive Vehicles.*"* [S.l.]: Taylor & Francis, 2015.

Krishnan, R. *"*Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives.*"* [S.l.]: CRC Press, 2010

Krause, P *et al.* "Analysis of Electric Machinery and Drive Systems.*"* [S.l.]: Wiley, 2013.

Krishnan, R. *"*Switched Reluctance Motor Drives: Modeling, Simulation, Analysis, Design, and Applications.*"* [S.l.]: CRC Press, 2001. (Industrial Electronics).

Chau, K T. *"*Electric Vehicle Machines and Drives: Design, Analysis and Application.*"* [S.l.]: Wiley, 2015.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE E GESTÃO APLICADO À USINAS DE CONCRETO

**Guilherme Gounski, Adilson Luis Stankiewicz**
Engenharia Elétrica, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, Bairro Demoliner, Erechim-RS.
guilhermeng@outlook.com, adilsonluis@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este trabalho tem por finalidade o desenvolvimento de um sistema para o controle na dosagem dos materiais que compõe o concreto, além de pequenas rotinas administrativas diversas, ou seja, o sistema como um todo é responsável pelo segmento de fabricação do concreto, o qual é utilizado em diversas obras de infraestrutura. O controle da planta de dosagem é realizado por meio de um CLP (Controlador Lógico Programável) da família Siemens, o qual foi programado utilizando-se da ferramenta TIA Portal V14. Faz-se oportuno o desenvolvimento deste projeto para permitir a fabricação de concretos mais homogêneos e com características semelhantes às que o engenheiro estrutural projetou. Ademais, é possível fabricar concretos com maior qualidade, rapidez e em grandes quantidades, alcançar um maior racionamento de insumos, redução do número de trabalhadores em obra, gestão dos ativos da empresa, etc. Como ponto de partida, propõe-se o desenvolvimento de um conjunto de parâmetros para o controle de dosagem dos materiais; parâmetros estes que permitiram ao operador da planta estabelecer uma determinada configuração de dosagem, visando alcançar maiores precisões. O processo de validação é realizado por meio do simulador PLCSim, incluso no TIA Portal. No geral, os resultados demonstraram a possibilidade de implementação do projeto.*

***Palavras-chave:*** *automação na fabricação de concreto, usina de concreto, CDC, CLP.*

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é, até então, o material construtivo mais disseminado na construção civil. Pode ser encontrado nas casas de alvenaria, edifícios, rodovias, pontes, barragens, etc. Para essas aplicações o concreto é produzido em grandes quantidades e, em Centrais Dosadoras de Concreto (CDC), ou popularmente conhecidas como usinas de concreto. (PEDROSO, 2009).

O concreto produzido em CDC possui inúmeras vantagens em relação aquele fabricado por operários em canteiros de obras, sendo a principal que se destaca aqui, a qualidade. A variabilidade das características é afetada drasticamente para um concreto virado *in loco*, visto que manualmente não se atingirá sempre as quantidades precisas previstas, o que não acontece em CDC. No CDC, através do uso de sistemas de automação, existe um criterioso controle da quantidade dosada de cada material.

O concreto é formado por materiais do tipo agregados, como por exemplo: areia, pedra brita, pó-de-pedra, pedrisco e outros de características semelhantes, podendo ser estes naturais ou artificiais. Pode ser composto por materiais do tipo aditivos, geralmente líquidos, adicionados a mistura para se alcançar uma determinada característica. São exemplos de aditivos: plastificantes, retardadores de pega, aceleradores, etc. Além destes materiais, a composição do concreto é constituída por cimento e água. (NEVILLE; BROOKS, 2013).

A Fig. 1 resume o processo de fabricação de um determinado concreto em CDC. De modo geral, primeiramente define-se a resistência e outras características para o concreto desejado. A partir daí, escolhe-se os materiais e suas quantidades. Em seguida, o concreto é fabricado com configurações de dosagem estabelecidas pelo operador e, posteriormente, transportado até a obra por meio de caminhões para ser lançado na construção. As configurações de dosagem serão parte constituinte deste trabalho. Assim, é factível observar que variando a relação dos materiais e suas quantidades é possível alterar as características do concreto.

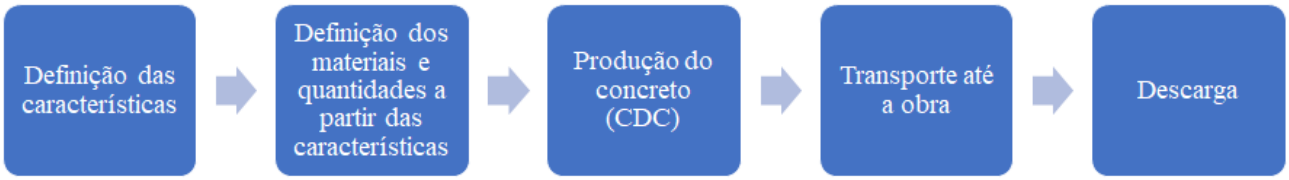



Figura 1. Linha Simplificada de Produção em CDC.

As quantidades e os tipos de cada material vêm descritos em uma receita ou fórmula gerada pelo departamento de laboratório da empresa. Este é responsável por determinar as proporções de cada material, objetivando alcançar determinadas características, como por exemplo, um determinado valor de resistência para o concreto final. Como as propriedades de cada material são diferentes, seja pelo método de fabricação, ou advindo de fornecedores diferentes, as proporções da mistura devem ser determinadas através de ensaios.

De modo a facilitar e agregar qualidade na fabricação do concreto, pode-se encontrar alguns trabalhos semelhantes na literatura, como é o caso de Gržetić e Matika (2015), os quais propuseram o gerenciamento do processo de fabricação do concreto via IHM (Interface Homem-Máquina) e CLP S7-300 da Siemens.

No caso de Gržetić e Matika (2015), a automação consiste em um modo manual e automático, além do gerenciamento de alarmes diversos. No modo automático, o ciclo de fabricação inicia com o operador selecionando a receita via IHM, em sequência os dados da receita escolhida são gravados em áreas de memória do CLP, permitindo a carga e posterior mistura dos materiais, de forma automática. No modo manual, o operador com as informações da receita, aciona botoeiras diversas para alcançar a dosagem necessária.

Comercialmente, existem poucas ferramentas que permitem o gerenciamento integrado do controle de dosagem, juntamente com a gestão de materiais, clientes, pedidos e demais informações da usina. No Brasil, por exemplo, não foi encontrada nenhuma empresa nacional que disponibilize um sistema para controlar a dosagem e ao mesmo tempo servir como planejamento dos recursos empresariais. O que existem são *softwares* isolados. Portanto, para realizar a integração dos recursos da empresa com o chão de fábrica, é necessário adquirir estes *softwares*, que em muitos casos são de fabricantes diferentes, e integrá-los; tarefa que em muitos casos é demorada e apresenta alto custo.

Diante das novas tendências de mercado, como por exemplo, a indústria 4.0, é de suma importância, senão, um pré-requisito integrar o chão de fábrica com o administrativo da empresa. Como ponto de partida, este trabalho apresenta o desenvolvimento parcial do projeto, ou seja, no decorrer deste artigo o leitor vai encontrar o desenvolvimento do controle dos equipamentos da usina. Serão elaborados parâmetros que servirão de ajustes de dosagem para que o operador da planta alcance maiores precisões.

## 2. SISTEMA DE DOSAGEM

A planta de dosagem está ilustrada na Fig. 2. Os materiais aditivos são primeiramente pesados e depois descarregados para a mistura. A carga até as balanças pode ser feita de forma gravitacional ou forçada através de bombas de recalque, além de um comando eletropneumático para o comando das válvulas existentes.

Os cimentos são carregados até a balança por meio de uma rosca ou parafuso rotativo, acionado por motores elétricos. A descarga da balança dos cimentos para a mistura também é executada por rosca rotativa.

Os materiais agregados são carregados até a balança por meio de comportas localizadas em seus respectivos silos. Estas são acionadas de forma a obter o peso necessário. A descarga dos agregados acontece sobre uma esteira transportadora, a qual encaminha o material para a mistura.

A medida da água é obtida através de um instrumento denominado caudalímetro, o qual emite um sinal a cada litro que o atravessa. A carga da água é realizada através de uma bomba de recalque.

A mistura de todos materiais constituintes do concreto pode acontecer em um equipamento próprio, denominado misturador, ou diretamente no caminhão betoneira.

Em cada balança existe um conjunto de células de carga que convertem sua deformação mecânica em variação de resistência elétrica. Através do uso de um *display* indicador de peso, que contém um amplificador e condicionador de sinal, a variação de resistência é convertida em uma informação útil, ou seja, peso. Com o uso de uma rede de comunicação ModBus-RTU o CLP consulta o valor do peso contido em cada balança nos *displays* indicadores.

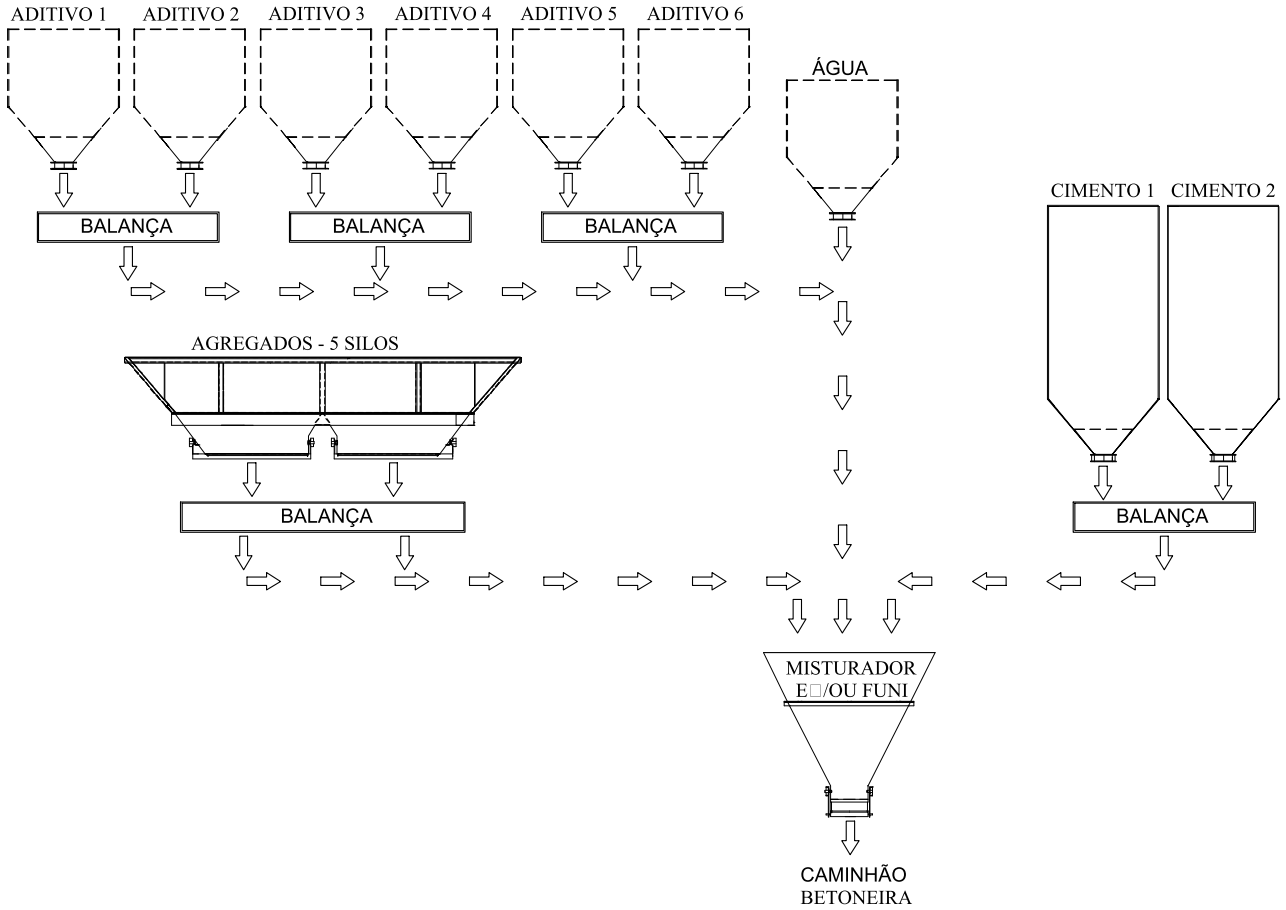



Figura 2. Fluxograma do Sistema de Dosagem.

## 2.1 Controlador Lógico Programável S7-1200

Um CLP é um equipamento composto por vários componentes eletrônicos, dentre eles, memórias. Estas podem ou não ser programáveis e contém dados do programa de usuário com a finalidade de ler e executar instruções predefinidas. Assim, interagem com o sistema que deve ser controlado através de suas entradas e saídas digitais/analógicas. (IEC61131-1 apud Prudente (2014)).

A linha de controladores S7-1200 escolhida, é formada por várias CPU's (*Central Processing Unit*). A CPU 1214C escolhida apresenta as seguintes características: alimentação 120/230Vac, memória de 100kB, 14 entradas digitais *onboard*, 10 saídas digitais a relé *onboard*, 2 entradas analógicas 0-10Volts 10 bits *onboard*, interface PROFINET (*Process Field Industrial Ethernet*).

Para que o CLP possa controlar todos os dispositivos de acionamento da planta de dosagem, adicionou-se: módulo de saída digital SM 1222 DQ16 e módulo de saída digital SM 1222 DQ8. Para a comunicação do CLP com os *displays*, adicionou-se ainda: módulo de comunicação CB 1241 RS485. A Fig. 3 mostra a composição do rack.

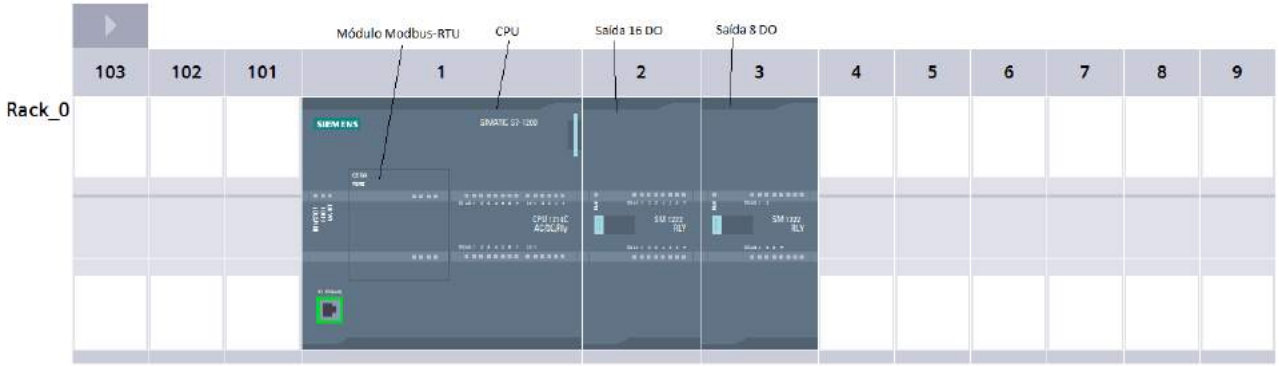



Figura 3. Composição do Rack para o CLP Utilizado.

## 2.2 TIA Portal ou STEP 7 V14

O portal STEP 7 é uma plataforma de engenharia com uma ampla gama de funcionalidades para fábrica digital e indústria 4.0. Além de permitir a programação de CLP's, é possível realizar *debugs* do programa, detectar falhas e, além de configurar o hardware é possível configurar conexões de comunicação, permitindo simular tal sistema antes de construí-lo na prática. (PRUDENTE, 2014).

Juntamente com o TIA Portal está incluso o simulador PLCSim, o qual é uma potente ferramenta de simulação que é executada diretamente no próprio dispositivo de programação ou computador. Visto que nenhum *hardware* adicional é necessário, com o PLCSim é possível construir toda a automação da planta e simular a mesma sem a necessidade da compra dos controladores e demais dispositivos. (SIEMENS, 2017).

A interface do TIA Portal é de navegação fácil, tanto em tarefas quanto em dados do projeto, ou seja, as funções do portal estão disponíveis por meio de subportais individuais para cada tarefa. A Fig. 4 ilustra a tela principal da ferramenta.

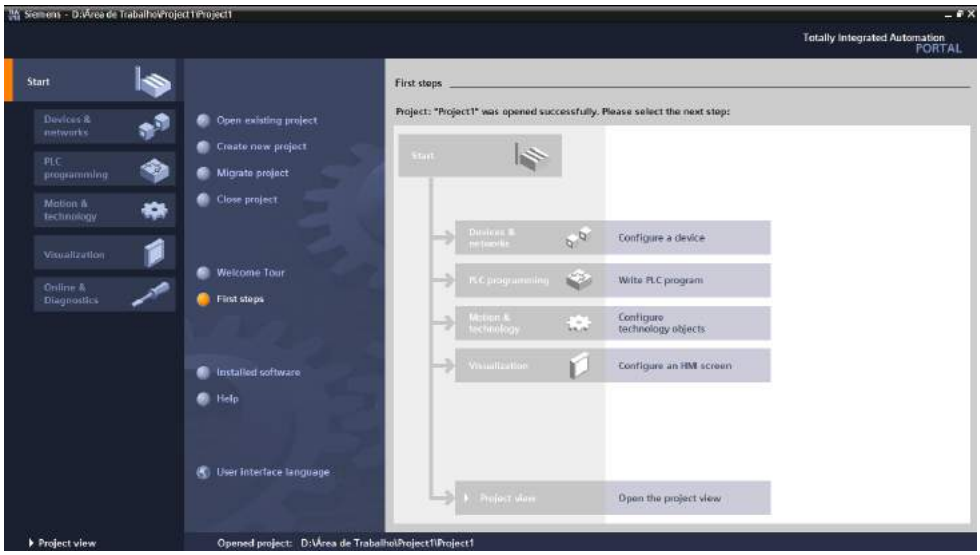



Figure 4. Visão Geral do TIA Portal V14.

## 2.3 Parâmetros de Dosagem

Conforme descrito na seção 1, cada material utilizado na fabricação do concreto possui várias características físicas e químicas. Mesmo que cada material possua particularidades que o diferencie dos outros, a dosagem e sua precisão devem ser as mesmas. Para alcançar isso, esta seção trata de definir parâmetros que o operador poderá ajustar para cada material, caso seja necessário, afim de alcançar dosagens mais precisas.

Os parâmetros elaborados nesta seção foram baseados nas particularidades mecânicas do sistema de dosagem, além das características dos elementos de acionamento presentes na planta de dosagem. Considerou-se ainda a velocidade de consulta do CLP aos *displays* que possuem a informação do peso contido em cada balança. Informações que estarão na receita de fabricação do concreto também foram levadas em consideração.

### 2.3.1 Parâmetros para Carga dos Materiais

Tabela 1. Relação dos parâmetros para a carga dos materiais até as balanças.

| ITEM | DESCRIÇÃO | VALORES | UNIDADE | SILOS APLICÁVEIS |
|---|---|---|---|---|
| 01 | Tolerância Dosagem | 0-9 | % | Todos |
| 02 | Tempo Abertura | 0-5 | seg. | Todos exceto Cimentos |
| 03 | Temo Fechamento | 0-5 | seg. | Todos exceto Cimentos |
| 04 | Antecipação Fino | 0-1200 | kg | Todos |
| 05 | Antecipação Grosso | 0-1200 | kg | Todos |
| 06 | Retardo de Carga | 0-180 | seg. | Todos |
| 07 | Microajuste | 0-40 | % | Todos |
| 08 | Prioridade na Carga | 1-5 | - | Todos exceto Água |
| 09 | Tempo Estabilidade | 0-30 | seg. | Todos exceto Água |

A Tab. 1 traz a relação dos parâmetros elaborados para o controle de carga dos materiais até as balanças. A coluna DESCRIÇÃO traz o nome do parâmetro que estará na interface gráfica para o operador ajustar. A coluna VALORES indica o *range* de ajuste do parâmetro. Como estes ajustes não são aplicáveis a todos os silos, a última coluna da Tab. 1 indica em quais serão aplicáveis.

O uso correto destes parâmetros, permite ao operador alcançar a dosagem mais aproximada do valor contido na receita do concreto que se deseja fabricar. Com a utilização destes parâmetros, será possível mitigar até fatores naturais, como é o caso do vento que faz com que as balanças oscilem. Características não homogêneas dos materiais que serão pesados também podem ser amenizadas.

### 2.3.2 Parâmetros para Descarga dos Materiais

Após a carga dos materiais até as balanças, estes devem ser descarregados para a mistura. A mistura pode ser realizada em equipamento próprio denominado misturador ou misturado diretamente no caminhão betoneira. Para que a descarga dos materiais possa ser controlada conforme necessidades, serão adotados os parâmetros descritos na Tab. 2.

Tabela 2. Relação dos parâmetros para a descarga dos materiais das balanças.

| ITEM | DESCRIÇÃO | VALORES | UNIDADE | BLÇs APLICÁVEIS |
|---|---|---|---|---|
| 01 | Fundo de Escala | 0-50000 | kg | Todas |
| 02 | Tolerância de Zero | 0-100 | kg | Todas |
| 03 | Modo de Descarga | Pulsante/Contínuo | - | Apenas Agregados |
| 04 | Tempo Abertura | 0-5 | seg. | Apenas Agregados |
| 05 | Tempo Fechamento | 0-5 | seg. | Apenas Agregados |
| 06 | Retardo de Início | 0-300 | seg. | Todas |
| 07 | Retardo de Fim | 0-300 | seg. | Todas |
| 08 | Tempo do Vibrador | 0-10 | seg. | Agregados e Cimentos |
| 09 | Fluxo Máximo | 0-1000 | kg/seg. | Apenas Agregados |
| 10 | Prioridade | 1-X | - | Apenas Aditivos |

Com o uso destes parâmetros, será possível controlar a quantidade de material descarregada, bem como limitar esta para um valor máximo, fazendo com que a entrada da mistura não sobrecarregue. Com estes parâmetros será possível o controle de quais os materiais que devem chegar primeiramente para a mistura, além de fatores de segurança, como é o caso do parâmetro "Fundo de Escala", o qual armazena a capacidade máxima de cada balança que o sistema deverá levar em consideração no cálculo do volume por ciclo de fabricação.

## 2.4 Programa para o CLP

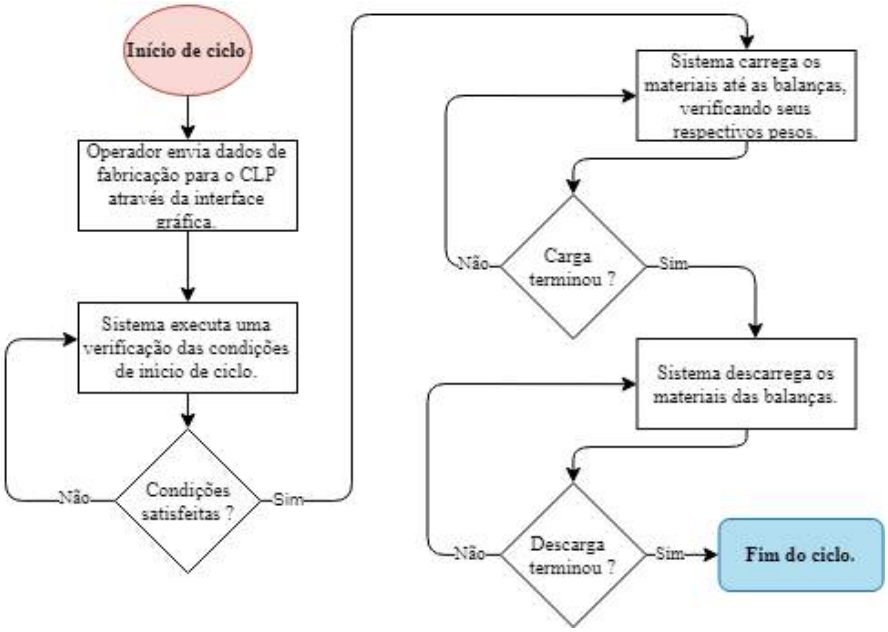



Figure 5. Fluxograma Básico de Fabricação de um Determinado Concreto.

A programação do CLP seguiu as etapas descritas no fluxograma da Fig. 5. A fabricação de um determinado concreto se inicia com o operador escolhendo uma fórmula e enviando os dados desta para a memória do CLP. Esta etapa será realizada através da interface gráfica, a qual será desenvolvida no seguimento deste projeto.

Para que a fabricação de um determinado concreto seja iniciada, algumas condições devem estar satisfeitas, como por exemplo, as comportas dos silos e balanças fechadas, além do peso de cada balança estar dentro da tolerância para auto-zero, função que pode ser ajustada pelo operador através do parâmetro "Tolerância de Zero".

Caso todas as condições de início de ciclo estejam satisfeitas, o processo de carga dos materiais até as balanças se inicia. Esta etapa pode ser controlada utilizando-se dos parâmetros elaborados na Tab. 1.

Após a pesagem de cada material ser concluída, a descarga das balanças e a mistura dos materiais se inicia. A descarga também pode ser ajustada conforme necessidades utilizando-se dos parâmetros da Tab. 2.

### 2.5 Validação do Sistema

A Tab. 1 e Tab. 2, listaram os parâmetros e seus *ranges* que estarão disponíveis para o operador ajustá-los e alcançar as dosagens desejadas. Na usualidade destes dentro dos seus *ranges* no programa do CLP, constatou-se via simulação o total funcionamento do programa. Na simulação observou-se que será possível alcançar várias configurações de dosagens com a utilização dos parâmetros. Porém, destaca-se aqui, que os resultados de simulação dos parâmetros convergiram, pois trata-se apenas de uma simulação virtualizada, uma vez que na prática alguns destes parâmetros poderão passar por alterações de seus *ranges* e até de sua existência.

Na etapa de simulação de todo o processo de carga e descarga dos materiais, o programa do CLP funcionou, porém, com algumas observações. Observou-se que o tempo entre as consultas em um mesmo *display* (226,8ms), poderá na prática, ser muito alto. Contudo, com os ajustes dos parâmetros elaborados, este atraso poderá ser compensado. Caso isso ainda não seja possível, outra opção para o controle da dosagem é usar o *setpoint* de peso do próprio *display*, isto é, enviar o valor que se deseja pesar para o *display* e usar suas saídas digitais para atuar no processo, visto que a velocidade de comutação destas é praticamente instantânea.

Constatou-se por meio da ferramenta de diagnóstico disponibilizada pelo TIA Portal, que a família do CLP utilizada atendeu o projeto em questão. Um dos principais itens observado foi a ocupação de memória. A ferramenta de diagnósticos permite averiguar erros que possam vir a ocorrer tanto na CPU quanto nos módulos de expansão, além de dados da comunicação *Ethernet* através da interface *Profinet*, a qual poderá ser utilizada no seguimento deste projeto.

## 3. CONCLUSÃO

Este trabalho propôs a definição dos parâmetros para ajustes na dosagem e, a elaboração do programa para o CLP S7-1200 Siemens, visando o desenvolvimento de um sistema para controle na dosagem de materiais.

A determinação dos parâmetros foi baseada nas características dos elementos de acionamento, além das peculiaridades do sistema mecânico de dosagem e velocidade de consulta aos *displays*. Particularidades que estarão contidas na receita de fabricação também foram consideradas.

Em geral, os resultados demostraram a possibilidade de implementar este projeto, porém, os resultados satisfatórios obtidos são virtualizados, visto que na prática algumas características deste projeto podem vir a mudar. Por fim, pode-se concluir que esta proposta atingiu aos resultados esperados.

Em trabalhos futuros pretende-se criar o sistema supervisório, juntamente com outras rotinas administrativas diversas usando o *software* Blend para Visual Studio e, a união deste com o programa do CLP utilizando-se de um driver para comunicação baseado em uma conexão *Ethernet*. Assim, será possível o ajuste dos parâmetros elaborados neste artigo através da interface gráfica, além de permitir a gestão de materiais, clientes, pedidos, fórmulas, etc.

## 4. REFERÊNCIAS

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material mais usado pelo homem. Revista Concreto & Construções, XXXVII, n. 53, p. 14-19, 2009. Disponível em: <www.ibracon.org.br>. Acesso em: 23-04-2018.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do Concreto. 2th. Ed. [S.1.]: Bookman, 2013.

PRUDENTE, F. PLC S7-1200 Teorias e Aplicações. 1th. ed. [S.1.]: LTC, 2014.

SIEMENS. STEP 7 Professional V14 SP1. 2017. *System Manual.* Disponível em: <https://www.support.industry.siemens.com/cs/attachments/109747136/STEP_7_Professional_V14_1_enUS_en-US.pdf?download=true>. Acesso em: 04-05-2018.

GRŽETIĆ, T.; MATIKA, D. AUTOMATION OF THE CONCRETE MANUFACTURING. v. 3, n. 3, p. 274–288, 2015.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO O MICROCONTROLADOR PIC16F788A

**Martin Daniel Schultz**
Engenharia Elétrica, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, KM 2, ,Bairro Demoliner, Erechim, RS. E-mail: martin230896@gmail.com

**Lucas Engel**
Engenharia Elétrica, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, KM 2, ,Bairro Demoliner, Erechim, RS. E-mail: glucas.engel@gmail.com

**Gilberto Christ**
Engenharia Elétrica, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, KM 2, ,Bairro Demoliner, Erechim, RS. E-mail: gilsrc123@hotmail.com

**Cassio Luciano Baratieri**
Engenharia Elétrica, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, KM 2, ,Bairro Demoliner, Erechim, RS. E-mail: cassiobaratieri@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um sistema de automação residencial utilizando um microcontrolador PIC16F788A, com comunicação serial de interface via bluetooth com o módulo HC-05. Partindo do conceito de smart home propõe-se a automação de alguns processos residenciais que facilitariam o dia a dia das pessoas desenvolveu-se um fluxograma, bem como o algoritmo em linguagem C para a automatização simulada de quatro sistemas de uma residência, são eles: iluminação, climatização, portão eletrônico e cafeteira. Após a escolha dos componentes para cada processo, realizou-se a simulação do circuito no software PROTEUS. E finalmente foi realizada a montagem do protótipo em protoboard, obtendo assim um sistema de automação residencial de baixo custo. Porém após analise final, apesar de obter um bom funcionamento, o protótipo demonstrou uma dificuldade de implementação, já que os processos a serem automatizados teriam que ser adaptados, para a comunicação com o sistema desenvolvido.*

***Palavras Chave:*** *Bluetooth, automação, smart home, microcontroladores, PIC16F788A.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica, torna-se cada dia mais visível o conceito de Smart Home na vida das pessoas. Este conceito está amplamente ligado à automação residencial com foco na intercomunicação de todos os dispositivos eletrônicos.

As técnicas que utilizam comunicação por cabeamento vêm perdendo espaço em algumas aplicações em detrimento dos sistemas de comunicação sem fio. O fator motivador de tal afirmativa está intimamente relacionado à baixa infraestrutura necessária para acomodar dispositivos de comunicação sem fio. Podemos assim acrescentar que protocolos modernos de comunicação sem fio vêm otimizando cada vez mais suas funcionalidades. (RAMOS, 2010).

A transmissão de dados binários por um enlace pode ser realizada em modo paralelo ou em modo serial. No modo paralelo, vários bits são enviados a cada pulso de clock. No modo serial, somente 1 bit é enviado a cada pulso de clock. (FOROUZAN, 2010). A vantagem da transmissão serial em relação à paralela é que, com apenas um canal de comunicação, a transmissão serial reduz o custo de transmissão em relação à paralela. (FOROUZAN, 2010).

O RS-232 é um padrão de jure de nível físico cuja primeira versão foi publicada no início da década de 1960 pelo órgão EIA (Electronic Industries Association). O padrão RS-232, cujo nome foi redefinido para EIA-232, define características mecânicas, elétricas e funcionais para a comunicação serial de dados entre um Equipamento de Dados Terminal (computador, impressora etc.) e um Equipamento de Comunicação de Dados. (ZANCO, 2008).

Devido à arquitetura do microcontrolador e compilador disponível, a programação foi feita em linguagem C. A linguagem C foi criada em 1972, por Dennis Ritchie, da Bell Laboratories, e consiste, na realidade, em uma linguagem de nível intermediário entre o Assembly e as linguagens de alto nível. (PEREIRA, 2007).

Para a comunicação entre dispositivos foi utilizado o microcontrolador PIC 16F877A, que além de possuir porta serial para realizar a comunicação de dados, também possui diversas portas programáveis de entrada ou saída, sendo possível assim realizar a automação desejada. A comunicação entre o smartphone e o dispositivo receptor bluetooth foi realizada por meio de um aplicativo no smartphone que realiza o envio de caracteres ao dispositivo, que por sua vez realiza a comunicação serial com o microcontrolador a fim de que a variável possa ser lida e interpretada pelo chip.

## 2. METODOLOGIA

O sistema foi inicialmente projetado através de um fluxograma desenvolvido no software PIC C Compiler que possui uma plataforma específica para esta operação, conforme é possível verificar na Fig. 1, sendo possível assim analisar as possíveis falhas e correções necessárias antes de efetuar a programação do dispositivo. Neste projeto foram utilizadas interrupções para a execução do programa sem pausas no código.

Este programa efetua a verificação da porta serial a cada 0,001s. Se houver algum dado na porta serial o programa executa a tarefa referente ao caractere, invertendo o estado caso o caractere seja mandado novamente. Também foi inserida uma entrada para o final de curso referente à um possível portão instalado na residência.

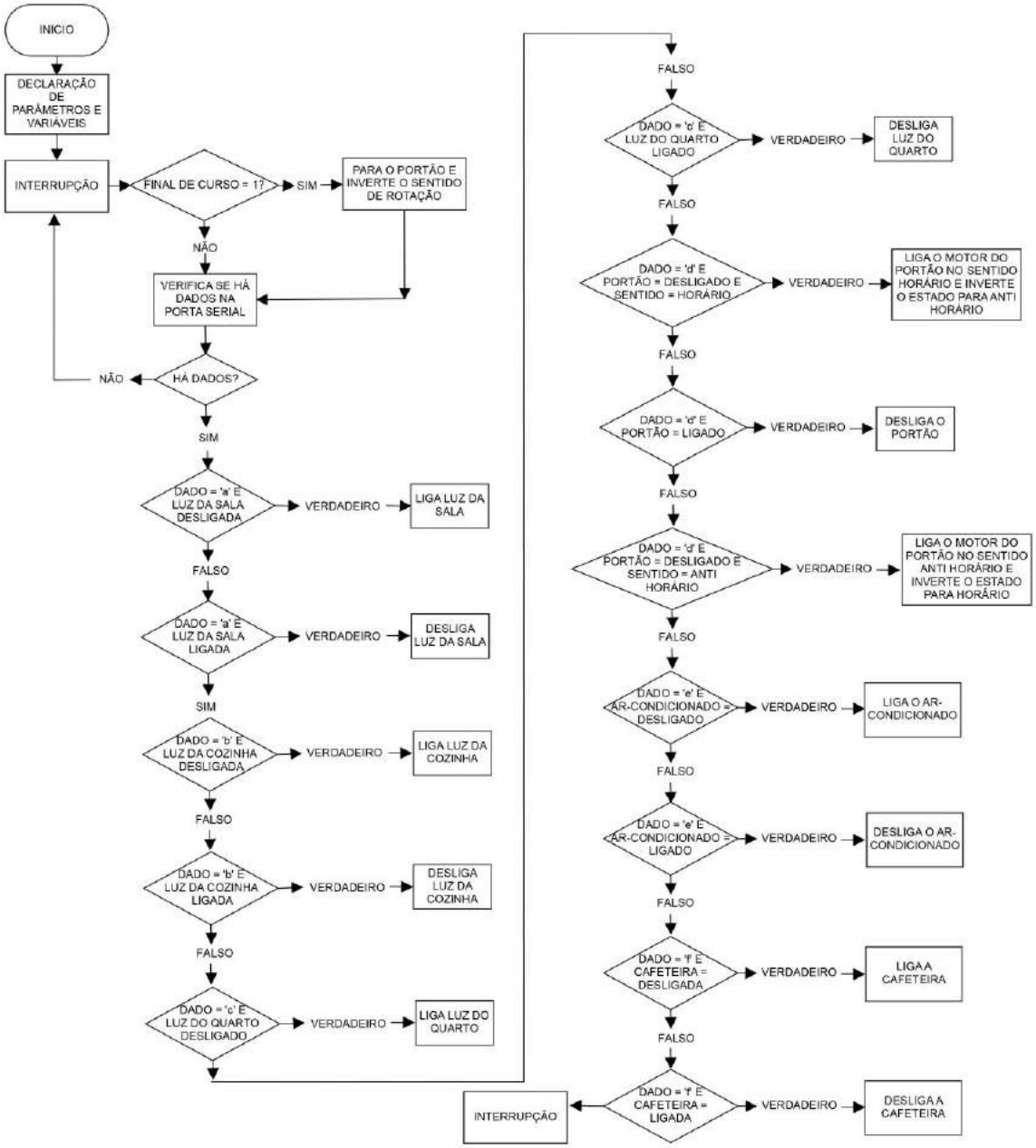



Figura 1 – Fluxograma elaborado para o projeto

Com o fluxograma elaborado, o passo seguinte foi o desenvolvimento do firmware na plataforma de programação do software Proteus. Para simular a comunicação que o smartphone fará com o microcontrolador, foi utilizado outro microcontrolador, neste caso o PIC16F628, que de acordo com o comando dado nas portas RB4 e RB5, faz o envio de caracteres "char" através da porta serial para o microcontrolador PIC16F877A, que por sua vez faz a leitura da porta de acordo com a frequência de operação da interrupção determinada pelo clock do microcontrolador. A Frequência de Interrupção ($F$) pode ser obtida através da Eq. (1). O clock é definido pelo cristal oscilador de 4Mhz. Como o Microcontrolador possui 4 timers internos, cada timer opera a 1MHz. A frequência é dividida por RTCC_DIV a fim de obter um número menor para trabalhar na interrupção. Por fim o intervalo de tempo em que a interrupção ocorre é definido dentro do timer por um número que a partir do mesmo irá incrementar até 256. No projeto foi utilizado o valor é 131, resultando em 125 interações do timer para reiniciar a contagem, sendo assim a frequência com que o timer irá operar será de 1000Hz.

$$F = \frac{Clock}{RTCC.4(256 - 131)} \tag{1}$$

Utilizando os dados fornecidos pelo fabricante no datasheet dos microcontroladores é possível simular no software proteus a conexão entre periféricos e analisar o funcionamento dos mesmos. Na Figura 2 é mostrado o circuito de simulação agregando os periféricos necessários. Neste caso não foi necessário simular os cristais de oscilação externos pois o próprio software já incorpora uma frequência ao microcontrolador, de modo que os periféricos referentes ao clock e à algumas tensões de referência do CI se fazem dispensáveis na montagem da simulação em software.

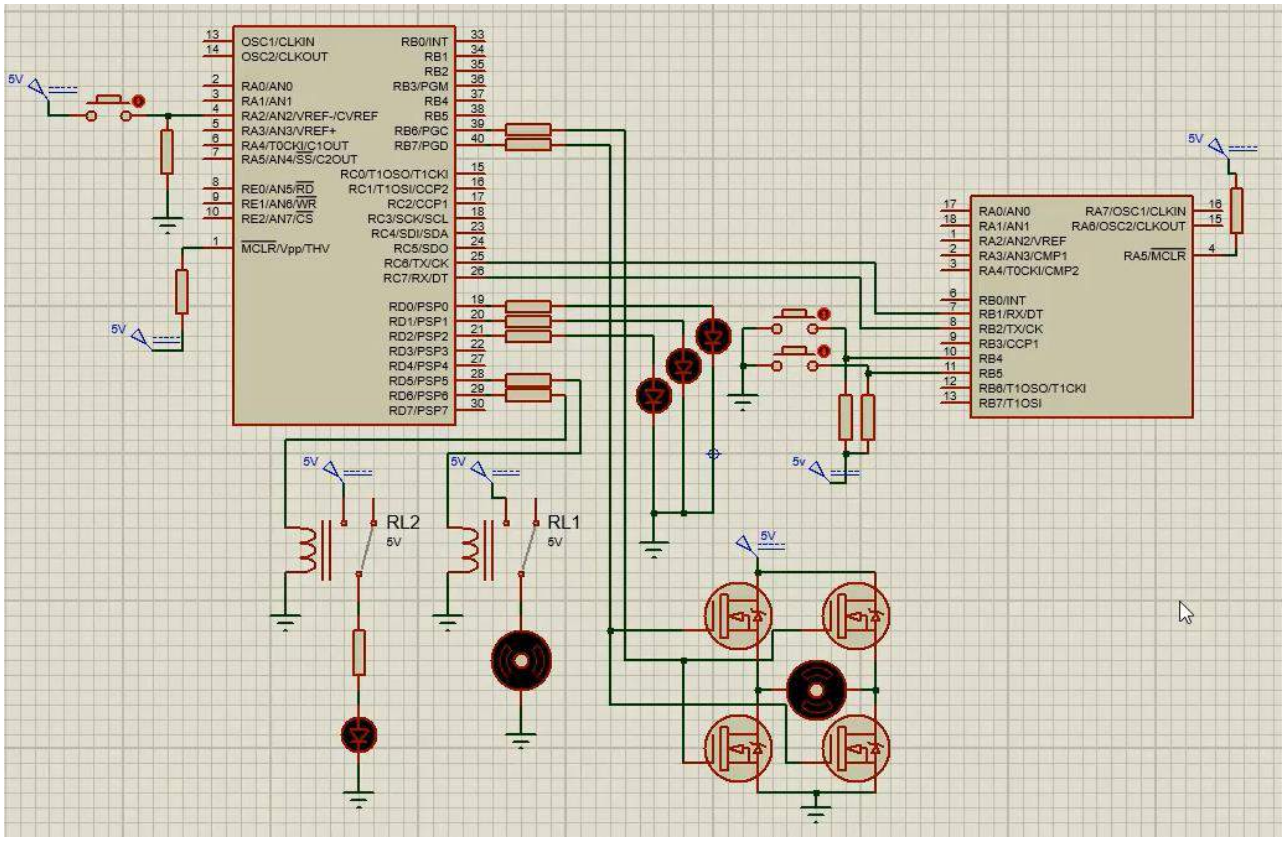



Figura 2. Simulação do circuito no Software Proteus.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tomando como base a simulação feita no software Proteus, foi implementado o circuito em uma protoboard, substituindo o PIC16F628 pelo módulo bluetooth HC-05, que fará a comunicação entre o smartphone e o microcontrolador. Este módulo pode ser visto na Fig. 3.

Figura 3 – Módulo Bluetooth HC-05

O módulo HC-05 converte o sinal recebido pelo aplicativo do smartphone em um sinal de amplitude 3,3V para a comunicação serial, fazendo-se necessário utilizar um divisor resistivo a fim de rebaixar o sinal da fonte (5V) para 3,3V, deixando assim o um offset de tensão no nível correto para o terminal RX do módulo.

Na Figura 4 é possível visualizar a montagem finalizada do protótipo em uma protoboard. O software desenvolvido foi gravado no microcontrolador através de um circuito gravador que realiza o processo de transferência de dados pela porta USB de um computador. Após a montagem total da placa, os periféricos foram testados; são três lâmpadas, um cooler, um motor e uma cafeteira acionada por chaveamento com relé. Estes periféricos foram implementados simulando coisas básicas presentes em uma residência como por exemplo; iluminação, portão e ar condicionado.

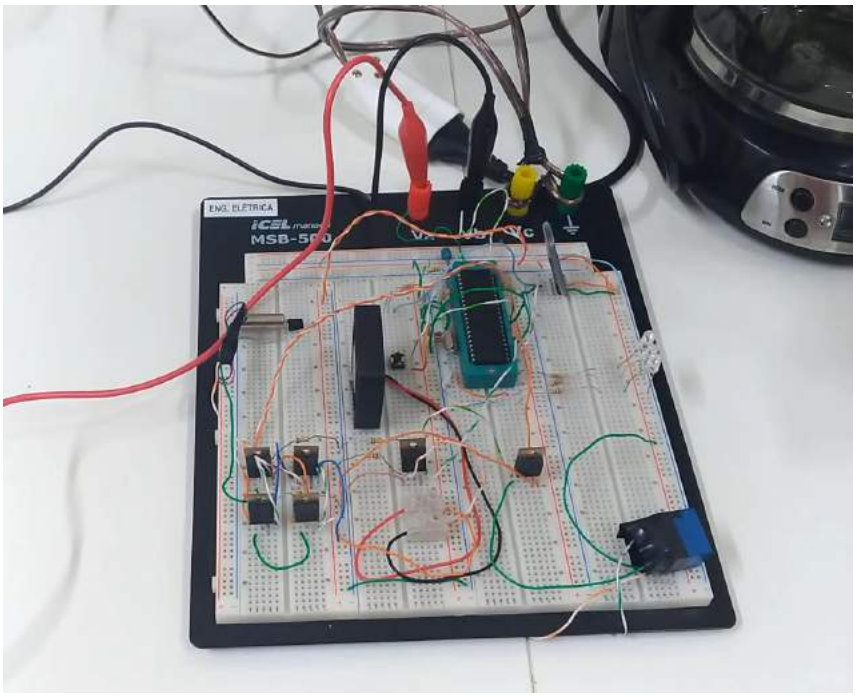



Figura 4. Implementação prática do circuito de automação desenvolvido.

## 4. CONCLUSÃO

A comunicação serial utilizada para efetuar a conexão entre smartphone, receptor e microcontrolador se mostrou de grande utilidade para efetuar o controle de diversos periféricos em uma residência. O módulo bluetooth se mostrou bem estável no que diz respeito à potência do sinal, possibilitando que os comandos sejam dados à uma distância razoável do circuito, mesmo havendo paredes entre o smartphone e o receptor. No entanto a implementação prática deste sistema não se mostrou muito atrativa, pois os atuais sistemas residenciais são defasados e operam em geral por meio de interruptores e botões nos próprios dispositivos, sendo necessário refazer as instalações da residência e até modificar o circuito de dispositivos específicos para ter um controle completo via Bluetooth, como por exemplo a cafeteira, se desejarmos ter um aproveitamento total das funções disponíveis seria necessário modifica-la para efetuar a comunicação dos controles internos com o dispositivo bluetooth.

A ideia da automação residencial controlada por meio de um smartphone é promissora, porém pouco prática e custosa se implementada através de circuitos específicos, ligados à um microcontrolador, visto que muitos sistemas já estão operando na residência e necessitariam ser modificados. Seria mais prático implementar dispositivos um a um, como por exemplo as lâmpadas bluetooth já existentes no mercado que não necessitam de nenhuma modificação nos sistemas existentes.

## 5. REFERÊNCIAS

ZANCO, W. S. Microcontroladores PIC: Técnicas de software e hardware para projetos de circuitos eletrônicos. São Paulo: Érica, 2008.
FOROUZAN, B. A. Comunicação de dados e redes de computadores. Porto Alegre: AMGH, 2010.
RAMOS, J. S. B. Instrumentação Eletrônica sem fio. São Paulo: Érica, 2012.
PEREIRA, F. Microcontroladores PIC: Programação em C. São Paulo: Érica, 2007.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SISTEMA DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES UTILIZANDO MICROCONTROLADOR PIC 16F877A

**Suélen Bampi**
**Marcos Ismael Schultz**
**Diogo Oleksinski**
**Natanael Riedel**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
suel.bampi@gmail.com, marcos11-24@hotmail.com, oleksinski@gmail.com, natanaelriedel@hotmail.com

***Resumo.*** *Buscando um alinhamento ao conceito de Smart Home, aonde tem-se a tecnologia a serviço das pessoas em um dos ambientes mais utilizados, as próprias residências, inúmeros são os pontos em que se pode desenvolver ferramentas que auxiliem no conforto, bem-estar e na comodidade. Aborda-se aqui o ponto comodidade, através do controle da iluminação de ambientes por meio de um microcontrolador PIC 16F877A, que fará o gerenciamento da intensidade da iluminação e a seleção dentre sete cores projetadas, além de ter-se o acendimento automático das luzes quando houver pessoas presentes no cômodo, a viabilidade do acendimento automático está atrelada a sensores piezoelétricos.*

***Palavas-chave:*** *Smart Home, controle cor/intensidade, PIC 16F877A, sensores piezoelétricos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Para Li, et al., 2018, *Smart Home* é uma combinação orgânica de vários subsistemas relacionados à vida doméstica através de tecnologias avançadas, aonde estes subsistemas podem compartilhar recursos e trocar informações, avaliar o perfil dos moradores e se moldar a eles. Seu principal objetivo é proporcionar às pessoas um ambiente de vida eficiente, confortável, seguro, conveniente e amigo do ambiente, integrando sistema, serviço e gerenciamento.

Em uma casa inteligente, por exemplo, se faz uso de tecnologia de computador, tecnologia de controle, tecnologia de exibição de imagem, tecnologia de comunicação. Logo, muitos podem ser os dispositivos disponíveis no mercado que podem vir a ser empregados para este fim. Um dos componentes mais importantes em projetos com estes objetivos, são os microprocessadores, os mesmos farão a coordenação das tarefas, na sua seleção busca-se atender as necessidades dos ambientes bem como sua interação diante de outros dispositivos (Li, et al, 2018).

Vislumbrando a possibilidade dos usuários configurarem conforme necessidade e desejo, a cor e a intensidade de um protótipo de luminária de leds RGBs (*Red, Green, Blue*) e seu acendimento automático sempre que houver pessoas no ambiente, desenvolveu-se um sistema microcontrolado. O enfoque do trabalho se manteve no desenvolvimento do controle, já a implementação prática foi feita com uma pequena quantidade de elementos luminosos (leds).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia proposta para o desenvolvimento do sistema de controle de iluminação, primeiramente passou por uma avaliação de viabilidade de execução e a definição do microcontrolador a ser utilizado.

Foi definido o microcontrolador PIC 16F877A, para gerenciamento das instruções, de encapsulamento tipo DIP com 40 pinos, o mesmo possui memórias EEPROM, RAM e Flash, um conjunto de até 35 instruções, operação de frequência até 20 MHz e tensão entre 2 V – 5,5 V, periféricos de comunicação serial e paralela, 3 *Timers*, conversor analógico/digital de 10 bits de resolução, entre outras características (Tocci, et al., 2012; Pereira, 2014).

O trabalho contou com dois ramos distintos, o primeiro deles, o controle da iluminação. Definiu-se duas possibilidades de ajuste, a primeira delas seria a opção de seleção de cores em até sete colorações diferentes, são elas: verde, amarelo, rosa, vermelho, branco e azul (duas tonalidades, escuro e claro). Para ter-se diferentes cores a luminária proposta foi desenvolvida a partir de leds RGBs, contando experimentalmente com três leds apenas. A segunda

possibilidade está no ajuste da intensidade. Três tonalidades foram configuradas: um led acesso indica uma iluminação parca, dois leds acessos uma iluminação mediana e os três leds acessos a intensidade máxima.

O segundo ramo compreende ao acionamento automático da iluminação sempre que houver pessoas no cômodo, a sua execução foi implementada através de sensores piezoelétricos que geram uma diferença de potencial sempre que seu cristal é pressionado. Os sensores estariam posicionados no piso da residência em cenário real, de tal forma a sinalizar a entrada de uma pessoa ou sua saída. Na entrada do cômodo ter-se-ia dois sensores e dependendo da sequência de acionamento a pessoa estaria entrando (1-2) ou saindo (2-1), ressaltando o emprego de pares de sensores em cada entrada dos ambientes envolvidos.

Por serem sensores que retornam um nível de tensão de acordo com a pressão aplicado, utilizou-se dois diodos Zener que limitam a tensão que chega as portas analógicas do microcontrolador em 4,7 V, como sistema de proteção. E objetivou-se avaliar a correto desempenho do sistema proposto, empregou-se um display 16x2 que informa o atual *status* de operação da iluminação (cor/intensidade) e a quantidade de pessoas no ambiente.

### *2.1 Fluxograma*

Dada as necessidades almejadas, buscou-se a criação de um fluxograma, uma ferramenta muito útil e que propícia a execução da codificação das instruções de uma forma mais organizada, sistemática e reduzindo consideravelmente os erros de desenvolvimento. A figura 1 consiste no fluxograma de instruções para a solução da problemática do trabalho.

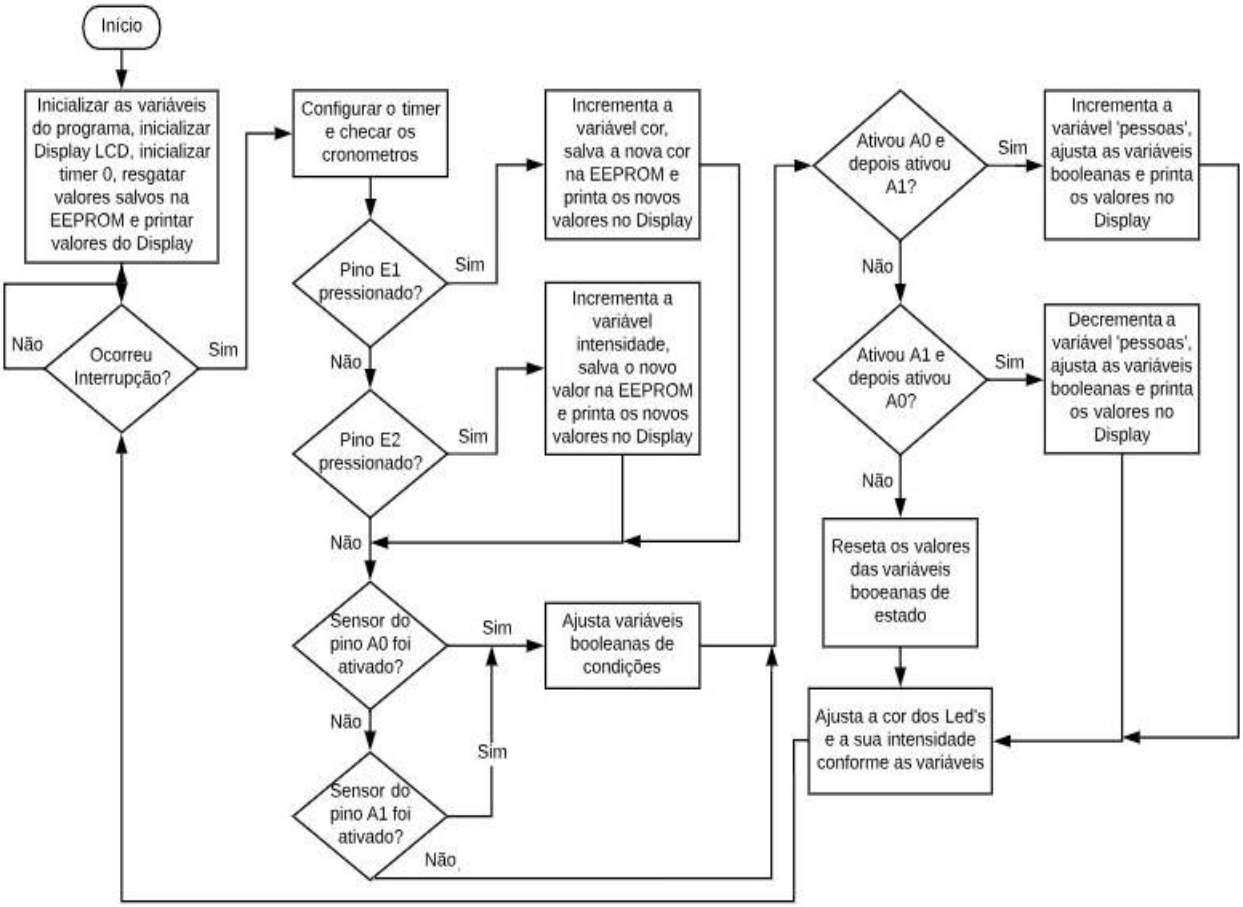



Figura 1. Fluxograma

### *2.2 Programação*

A linguagem empregada na codificação das orientações a serem embarcadas no dispositivo, foram exclusivamente desenvolvidas em linguagem C. Através da ambientação do software Proteus® que apresenta como uma das opções de compilador o CCS *Compiler*. Dentro deste ambiente criou-se a sequência de instruções a serem executadas pelo microcontrolador com o intuído de executar os controles definidos.

A codificação seguiu a metodologia objetivada no fluxograma, e seguindo a estruturação básica proposta pela linguagem C. Foram empregadas funções próprias para o PIC 16F877A, como descreve Pereira (2014).

### *2.3 Simulação*

No intuito de uma primeira verificação do funcionamento do sistema projetado, utilizou-se do software Proteus®, como ferramenta de análise. A figura 2, apresenta o esquemático desenvolvido para testes e levantamento de possíveis problemas iniciais dos componentes empregados.

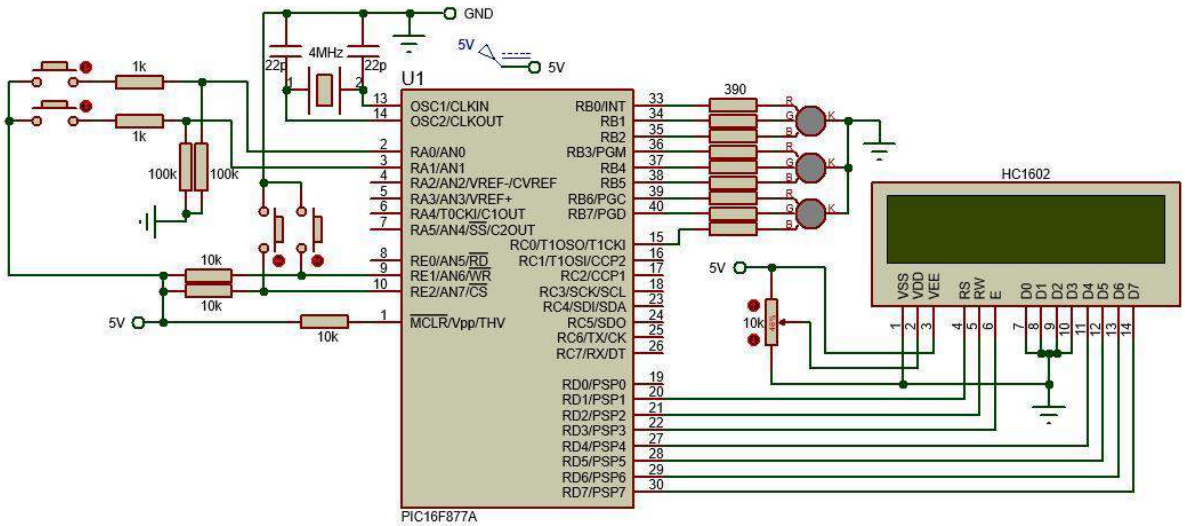



Figura 2. Esquemático do sistema de iluminação

A figura 2, conta com a disposição elementar dos dois botões de seleção propostos (cor e intensidade), circuito oscilador do microcontrolador (operando em 4 MHz), dois sensores piezoelétricos (representados por botões), três leds RGBs e o display 16x2 (o potenciometro de 10k Ω foi utilizado para ajuste de contraste da tela).

### *2.4 Circuito gravador*

Uma vez tendo uma previa do funcionamento do sistema de instruções e da disposição física funcionando de acordo, desenvolve-se o sistema de gravação para o microcontrolador. Utilizou-se o módulo *Pickit 3 Programmer/Debugger*, desenvolvido pela Microchip. O circuito de interligação entre o módulo e o PIC basicamente é feito através de uma resistência que pode assumir um valor entre 4,7k Ω a 10k Ω (PICkit™, 2010). Seguindo as devidas instruções disponibilizadas pelo fabricante, montou-se o circuito elétrico em *protoboard*.

## 3. RESULTADOS

O circuito gravador montado para efetuar a passagem do firmware desenvolvido, encontra-se na figura 3.

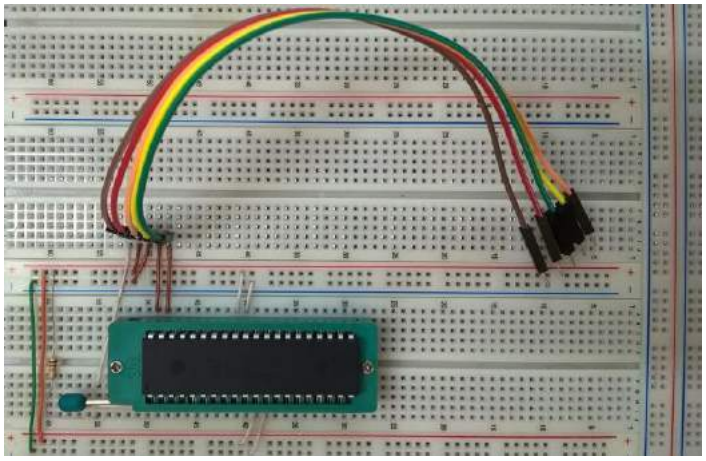


Figura 3. Circuito gravador

Replicando o circuito simulação em uma placa de ensaios, tem-se como resultados a figura 4. Acrescentou-se na montagem prática do sistema os dois diodos Zener para proteção que não constam na simulação.

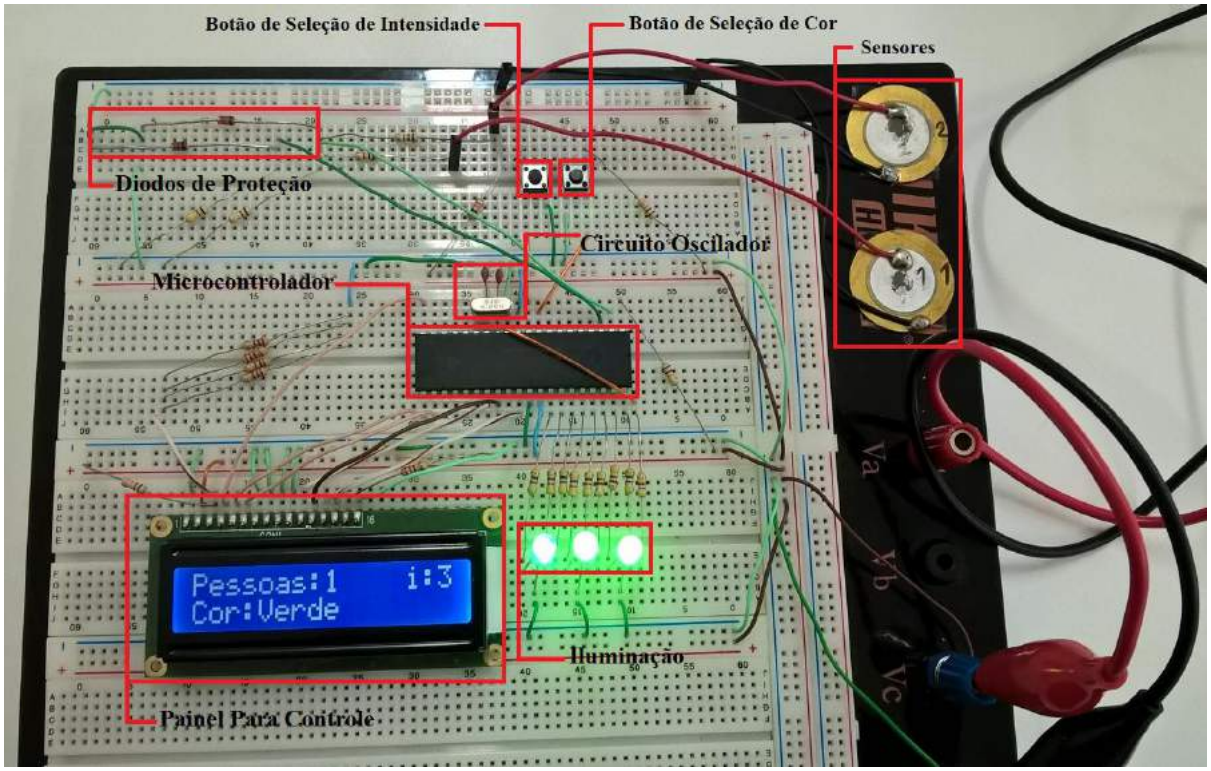



Figura 4. Sistema de controle de iluminação e acendimento automático

## 4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o sistema de controle da iluminação está se comportando como o almejado, bem como os sensores estão atuando de forma condizente com o esperado. Como meta futura tem-se a implementação em um ambiente real, análise da implementação dos sensores, possíveis quedas de tensões nos fios, e formas de embutir os sensores no piso de forma satisfatória para o projeto.

Outras considerações, seriam a afetiva confecção de uma luminária, uma vez que o sistema de controle projetado é de uso específico, o que necessitaria de transistores para o acionamento de um número maior de elementos luminosos (leds). Uma forma de tornar estes três leds em uma luminária com uma grande quantidade de leds seria através de transistores *Mosfet IRF840*, aonde em cada canal dos led ter-se-ia um transistor, de forma a se ter condições de acionar uma quantidade grande led que viriam a constituir a luminária final e questões como uma fonte de alimentações de baixa tensão 5 V, precisam ser avaliadas.

De forma geral, o sistema desenvolvido até o momento buscou validar o controle através do microcontrolador PIC 16F877A para um sistema de iluminação, buscando posteriormente viabilizar uma implementação real com custos reduzidos, além de fomentar novos trabalhos acadêmicos.

## 5. REFERÊNCIAS

Datasheet, 2013. *PIC16F877A*. 8 Jun. 2018 <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582C.pdf >.

Li, M., Gu, W., Chen, W., He, Y., Wu, Y. e Zhang, Y. 2018. *Smart Home: Architecture, Technologies and Systems*. Procedia Computer Science, v. 131, p. 393–400, 2018.

Pereira, F., 2014. *Microcontroladores PIC: programação em C.* São Paulo 7ª Edição, Editora Érica Ltda, p. 331 – 334.

PICkit™ , 2010. *User's Guide*. 22 Jun. 2018. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51795B.pdf >.

Tocci, J. R.; Widmer, N.S.; Moss, G. L., 2012. *Sistemas digitais princípios e aplicações.* São Paulo, SP. 11ª edição, p. 684 – 702.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia Elétrica:

# Processamento de Energia Elétrica

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROPOSTA DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZANDO DSPIC E MATLAB

**Anderson Queiroz da Silva**
**Alex Henrique Marasca**
**Renato Weiller Dallagasperina**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus de Frederico Westphalen – RS
anderqueiroz01@gmail.com; marasca@uri.edu.br; renatowd@uri.edu.br

***Resumo.*** *O presente artigo propõe o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados. Tem como foco principal o processo de conversão A/D (Analógico/Digital) e a transmissão dos dados convertidos para um software, onde os dados são tratados e armazenados. Inicialmente foi utilizado um potenciômetro para a obtenção de um sinal de tensão que pudesse ser variado. Este sinal é amostrado pelo microcontrolador e os dados convertidos são transmitidos a um computador, utilizando a serial USB do ATmega328/P, onde são lidos e tratados pelo software MATLAB. A transmissão dos dados é um ponto crítico do sistema, pois se a transmissão for muito lenta, os dados convertidos não serão transmitidos em tempo real ou parte dos dados serão perdidos durante a transmissão. Por fim os sinais transmitidos são tratados e armazenados pelo MATLAB, de modo que seja possível a plotagem do gráfico da tensão em função da quantidade de amostras, podendo obter-se também outras grandezas a partir do tratamento dos dados coletados em tempo real da saída da serial. Todas as simulações de circuitos e firmwares buscam o desenvolvimento de um protótipo aplicado no processamento digital de sinais, que será abordado no trabalho de conclusão de curso e também em trabalhos posteriores.*

***Palavras-chave:*** *aquisição de sinais, microcontrolador, MATLAB, conversão A/D.*

## 1. INTRODUÇÃO

A eficiência e qualidade na utilização e processamento da energia elétrica são temas frequentemente pautados no contexto do surgimento dos diversos métodos de fornecimento de energias renováveis nas últimas décadas. Com este avanço contínuo, torna-se necessária a evolução dos métodos de controle, automação e até mesmo instrumentação de sistemas e processos, de modo que esta evolução exige, na maior parte das vezes, maior atenção por parte do projetista do que o desenvolvimento da parte de potência propriamente dita (Rashid, 2014).

Há até poucos anos atrás, projetos eram elaborados utilizando uma grande quantidade de componentes analógicos nos sistemas eletrônicos de controle e instrumentação. Com o passar do tempo, estes projetos passaram a contar com a utilização de microcontroladores. Conforme mostrado por Flach (2017), estes dispositivos são compactos e possuem várias funções, atraindo a atenção de projetistas novos e mesmo dos mais veteranos. Contudo, para utilizar um microcontrolador, é necessário conhecer o seu funcionamento e os diversos tipos existentes no mercado. Um microcontrolador consiste em um pequeno componente eletrônico, podendo ser utilizado no controle de processos lógicos por meio da sua programação (Antonio, 2006). Pode controlar diversos dispositivos periféricos, como por exemplo sensores, *Light Emmiting Diode* (LEDs), *Liquid Crystal Display* (LCDs), botões, entre outros. Além disso, os microcontroladores disponibilizam conversores *Analog to Digital* (A/D), responsáveis pela transformação de grandezas analógicas em sinais digitais, que posteriormente podem ser analisados no estudo de *Digital Signal Processor* (DSP) (Ingle e Proakis, 2012).

O estudo do processamento digital de sinais tornou-se muito importante nas últimas décadas, tanto no campo didático quanto no tecnológico. Segundo Ingle e Proakis, (2012), o setor industrial tem investido no desenvolvimento de DSP, proporcionando maior praticidade no uso de *hardware* e *software* nas medições de corrente e tensão. O crescente uso dessas aplicações aumentou a demanda por engenheiros eletricistas com experiência nesta área, integrando o assunto nos currículos de graduação em engenharia por meio da utilização de algoritmos aplicados em microcontroladores e microprocessadores. Nos microcontroladores, os sinais digitais são obtidos pela utilização dos conversores A/D. Nos DSPs ou outros *softwares*, a análise do espectro, amplitude e frequência dos sinais exigem uma grande quantidade de programação. Neste contexto de ênfase na aprendizagem e complexidade dos conceitos apresentados, surgiu o MATLAB como um *software* interativo e com linguagem de programação mais acessível para

estudantes (Ingle e Proakis, 2012). Portanto o MATLAB foi utilizado no projeto por causa da sua ampla disponibilidade em plataformas computacionais em várias universidades em todo o mundo. Além disso, possui uma versão estudantil, tornando-se um dos produtos mais baratos para fins educacionais, proporcionando ao estudante a possibilidade de explorar e resolver problemas, melhorando o processo de aprendizagem.

Após a coleta dos dados pelo microcontrolador dsPIC, estes são transmitidos para o *software* MATLAB, via comunicação serial. Este é o ponto crítico do projeto devido ao fato de que o microcontrolador utilizado possui uma velocidade de conversão A/D maior que a taxa de transmissão suportada pelo padrão RS232. Desta forma será necessária a utilização da velocidade máxima disponibilizada pelo método de comunicação, adaptando a velocidade de conversão A/D para que acompanhe estas limitações.

Este trabalho tem por objetivo propor a construção de um sistema de aquisição de dados por meio de processamento digital de sinais (DSP), uma vez que o protótipo se encontra em fase de desenvolvimento e será apresentado no Trabalho de Conclusão de Curso.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo estão descritos todos os tópicos relacionados com as características técnicas dos dispositivos que serão utilizados na elaboração do sistema de aquisição de dados, bem como uma revisão acerca dos procedimentos e lógicas que serão utilizadas no tratamento e condicionamento dos sinais, propiciando ao leitor um embasamento teórico para demonstrar com clareza os métodos que serão aplicados na construção do protótipo.

### 2.1 Microcontrolador dsPIC33FJ16GS504

O microcontrolador especificado atende os requisitos necessários para o que está sendo proposto no artigo, como o retorno de dados com rapidez e livre de interferência dos ruídos. Ao realizar uma análise dos dispositivos internos do microcontrolador, nota-se que o mesmo possui diversos recursos que garantem uma taxa de conversão de dados consideravelmente alta, sendo amplamente utilizado na construção de osciloscópios e outros dispositivos de medição de sinais. Abaixo estão listados alguns dispositivos e periféricos fundamentais para a elaboração da proposta do projeto (Microchip Technology Inc, 2011).

- Memória *Flash* de 16 *kbytes*, responsável pelo armazenamento da programação no microcontrolador;
- Memória RAM (2 *kbytes*) que armazena as variáveis do programa;
- 35 Linhas I/O para entrada e saída de dados;
- Comunicações seriais SPI, $I^2C$ e UART (12,5Mbps);
- 12 canais para Conversores A/D de 10 bits com capacidade de conversão de 4 Msps (utilizando apenas um SAR (registrador de aproximação sucessiva) tem-se uma velocidade de 2 Msps);

Os microcontroladores da Família dsPIC33 disponibilizam até dois conversores com registradores de aproximações sucessivas (SARs), garantindo conversões A/D com altas velocidades. O dispositivo apresenta uma resolução de 10 bits, sendo aplicado em dispositivos de conversão de energia para o gerenciamento digital de potência, onde estão presentes os módulos de Modulação por Largura de Pulso (PWM) com altas frequências (Microchip Technology Inc, 2011). Além desta aplicação, Rabner (2015) destaca que este microcontrolador pode ser utilizado também em controle de motores, aplicações médicas, sensores e dispositivos do setor automotivo, impressoras 3D e vários outros dispositivos industriais que necessitam de monitoramento em tempo real.

Se dois SARs estiverem presentes no sistema, são realizadas duas conversões totalizando uma taxa de 4 milhões de amostras por segundo (Msps). Se apenas um SAR for utilizado no sistema a taxa de conversão passa a ser de 2 Msps. O conversor A/D de alta velocidade produz dois resultados de conversão de 10 bits em aproximadamente 0,5 μs. O módulo suporta até 12 entradas analógicas externas e possui também duas entradas analógicas internas (AN12 e AN13) que estão ligadas as tensões de referência (Microchip Technology Inc., 2011).

### 2.2 Padrão RS232 de comunicação serial

Este meio físico de transmissão abrange o método de comunicação do protocolo UART, desenvolvido no final dos anos 1950, possibilitando a comunicação entre *modens* e *mainframes* (computadores de grande porte). O padrão suporta comunicação serial tanto síncrona quanto assíncrona, sendo dotado de relógios em sua interface para o sincronismo. O padrão 232 é de responsabilidade da *Energy Information Administration* (EIA), sendo que a mesma emite revisões periódicas no padrão de comunicação. O RS232-C está sendo gradualmente substituído pelo USB, devido a rapidez e a facilidade de conexão de uma porta USB em outros dispositivos (Sanchez e Canton, 2007).

A velocidade de transmissão serial de dados em distâncias curtas está limitada a 115 kbps no padrão RS232, limitando a taxa de transmissão dos dados para o MATLAB de forma expressiva, pois para um conversor A/D de 10 bits com velocidade de 4 Msps tem-se uma necessidade de se obter uma velocidade mínima de 40 Mbps, desconsiderando os bits de *start*, *stop* e de paridade. A distância máxima é definida pela capacitância do cabo (cabos mais grossos diminui a resistência e aumenta a capacitância). Outra limitação está no desbalanceamento da interface do

padrão, no qual todos os sinais possuem o mesmo *sinal ground*, ficando mais suscetível a ruídos do que nos padrões RS422 e RS485 (Texas Instruments, 2002).

### 2.3 MATrix LABoratory (MATLAB)

MATLAB é um programa desenvolvido para cálculos e gráficos no ramo científico e da engenharia. O objetivo inicial era a resolução de cálculos envolvendo matrizes, porém passou a ser um sistema computacional capaz de solucionar problemas técnicos. Além dos cálculos e funções, o programa dispõe também do *simulink*, que consiste em uma ferramenta que realiza simulações e análises em sistemas dinâmicos. Com isso, nota-se que o MATLAB é um programa com uma vasta gama de funções, ou seja, mesmo sem todas suas ferramentas possui mais recursos que qualquer outra linguagem de programação (Chapman, 2003).

O MATLAB possui múltiplas funções que controlam ou condicionam o fluxo de dados em um programa. O direcionamento deste fluxo demanda estruturas que levam a tomadas de decisão, ou seja, no decorrer do programa os comandos levam a uma comparação dos dados para decidir se o programa continua em uma linha de comando ou passa para a próxima lógica. Em alguns casos a utilização de funções no programa torna-se necessária para obtenção de dados. Quando um comando contendo uma função é encontrado, a função é executada e o programa principal aguarda até que os dados retornem ao programa principal, terminando a execução da função (Gilat, 2006).

Segundo Igreja (2009), o MATLAB possui acesso a porta serial RS232 e também as portas USB do computador, podendo dar ao programa o acesso a uma infinidade de dados provenientes de sensores, atuadores, sistemas embarcados, entre outros. O acesso aos dados deve ser precedido da criação de um objeto que controlará a porta serial do equipamento:

*>> porta = serial('COM1');*

Assim que for realizado a programação acima no *script* do MATLAB, o *Workspace* armazenará os dados da variável de modo que após simular a programação desenvolvida, o objeto "porta" comandará a porta COM 1 do computador. A porta serial do MATLAB pode ser aberta e fechada para aquisição dos sinais utilizando o mesmo *baud rate* especificado na transmissão serial.

## 3. METODOLOGIA

Tendo abordado os principais conceitos que envolvem os *hardwares* e *softwares* utilizados em dispositivos de aquisição de sinais, tais como a comunicação serial, conversão A/D e MATLAB, torna-se necessário um detalhamento dos processos envolvidos na construção do sistema de aquisição de dados, a fim de que seja realizada uma análise do funcionamento do protótipo e de suas limitações. O primeiro passo consiste em identificar a grandeza que se deseja realizar a medição, podendo ser qualquer grandeza analógica como temperatura, corrente, tensão, pressão, umidade, etc. Segundo Placko (2007) para que essas grandezas sejam obtidas torna-se imprescindível a utilização de métodos de sensoriamento de forma isolada ou não isolada, os quais realizam a conversão das variáveis físicas e químicas em sinais analógicos que são disponibilizados em uma entrada analógica do microcontrolador.

Após a aquisição dos dados, os mesmos devem ser transmitidos para o *software* MATLAB. Para tanto é necessária a utilização da UART do microcontrolador, bem como um cabo de transmissão com conversor MAX232, enviando os dados para a porta de entrada do processador (RS232). A Fig. 1 apresenta um diagrama de blocos com os processos pelos quais os sinais passam, ilustrando sucintamente o funcionamento da placa que será desenvolvida.

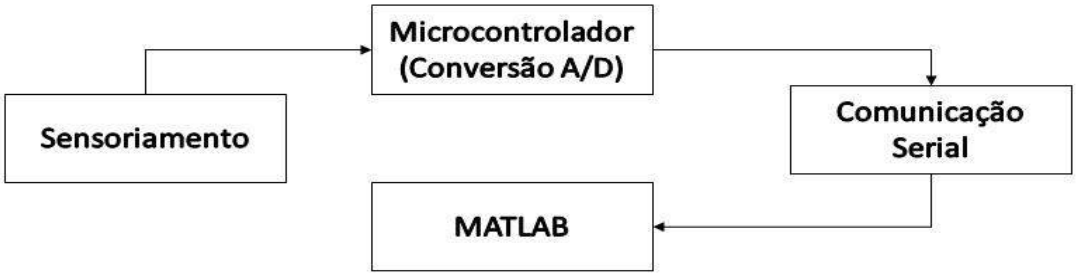



Figura 1: Diagrama de blocos com os processos envolvidos na aquisição, condicionamento e transmissão dos sinais.

## 4. RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÃO

Para demonstrar o funcionamento do sistema de aquisição de dados, foi desenvolvido um sistema utilizando o microcontrolador ATmega328/P, responsável pela conversão A/D dos sinais de tensão de um potenciômetro de 1kΩ. O conversor A/D retorna um sinal digital de tensão com valores mínimos e máximos compreendidos entre 0 e 1023, para uma tensão de 0 a 5 V. O módulo do conversor A/D do ATmega possui tempo de conversão compreendido entre 13 µs e 260 µs. Considerando este tempo, são convertidos de 3,85 kSps até 76,92 kSps com frequências entre 50 kHs e 1000 kHz. A frequência padrão do *clock* do ADC adotada no sistema montado é aproximadamente 200 kHz, utilizando 13 ciclos para amostragem e conversão de um sinal. Com estes dados definidos, é possível calcular a velocidade de conversão utilizada no protótipo em cerca de 15,38 kSps (Atmel Corporation, 2016).

É possível expressar por (1) e (2) o valor da tensão na entrada do microcontrolador, sendo que a aplicação deste equacionamento pode ser aplicada tanto no microcontrolador quanto no MATLAB, contudo a mesma foi colocada no processamento do MATLAB, economizando memória e tempo de processamento do microcontrolador e agilizando o processo de conversão A/D e transmissão serial, como em casos que se deseja uma alta taxa de aquisição de dados.

$$V_{out} = \frac{V_{ref} \times V_{fonte}}{V_{ref}^{máx}} \tag{1}$$

$$V_{out} = \frac{V_{ref} \times 5}{1023} \tag{2}$$

$V_{out}$ : Valor de tensão final amostrada e convertida pelo microcontrolador;

$V_{ref}$ : Valor de referência convertido pelo microcontrolador (entre 0 e 1023);

$V_{fonte}$ : Valor da tensão de alimentação do potenciômetro;

Conforme os dados indicados na Fig 2, os valores de tensão são obtidos com a variação do potenciômetro por meio de um gráfico plotado pelo MATLAB, utilizando uma função de obtenção dos dados com quantidade de amostras definida pelo programador. Nota-se que foram definidas 500 amostras com *delay* de 0,5 segundos. Foi utilizado este método de formação de gráfico para que fosse possível observar da formação do mesmo no *software*, contudo este método não utiliza a velocidade máxima de conversão A/D do ATmega328/P. Para realização de amostragem de sinais com frequências definidas, recomenda-se a utilização de um gerador de sinais para visualização da forma de onda.

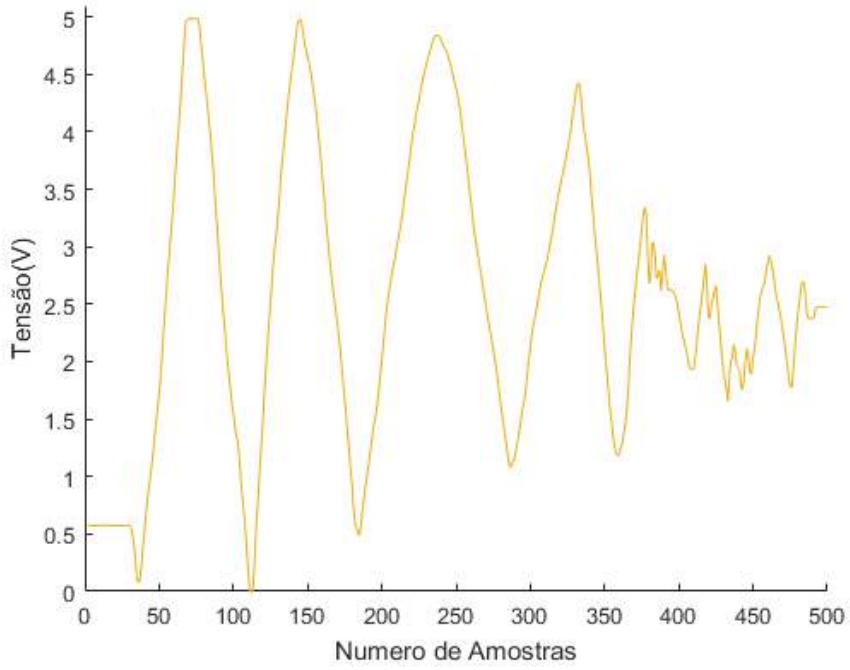



Figura 2: Gráfico com a amplitude da tensão elétrica em função da quantidade de amostras obtidas do microcontrolador.

As características mais relevantes como a frequência de amostragem e o tempo de atraso do sistema estão descritas abaixo para posterior comparação com outros microcontroladores. O tempo de atraso considerado no sistema de aquisição construído com o ATmega328/P compreende o tempo de transmissão dos dados que é de aproximadamente 1,04 ms por amostra (9600 *baud rate*) mais o tempo que a porta COM utiliza para a obtenção e armazenamento dos dados no software, cujo valor necessita uma análise mais complexa para ser calculado. O tempo de amostragem por sua vez, determina o limite de banda máximo que pode ser amostrado pelo sistema, calculado a partir da frequência do conversor A/D (200 kHz) e do ciclo de *clock* utilizado na amostragem do sinal. O ATmega utiliza 1.5 ciclos para a amostragem de cada sinal, totalizando um tempo de amostragem de 7,5 μs ou 133,3 kHz (Atmel Corporation, 2016). Portanto, a frequência máxima que pode ser amostrada sem distorção do sinal, de acordo com o teorema de Nyquist descrito por Lathi (2008) estaria limitada em sinais de cerca de 67 kHz.

Tendo demonstrado um breve exemplo com as características do projeto, o próximo passo que será desenvolvido que será desenvolvido durante o TCC consiste na utilização do dsPIC33 no lugar do ATmega328/P, garantindo uma taxa de amostragem muito superior, o que possibilita análises mais aprofundadas, como na análise da qualidade de energia, podendo fazer a análise de harmônicos ou interferências com frequências elevadas. Para que seja possível esta análise, a parte de programação e tratamento dos dados no MATLAB também deverá ser modificada de modo que a função obtenha todos os dados transmitidos pelo microcontrolador, gerando gráficos em função do tempo.

O método de sensoriamento utilizado deve ser preciso no fornecimento dos sinais analógicos, exigindo atenção principalmente nas medições de tensão e corrente para que ruídos ou interferências externas não causem distorção das grandezas. Os sensores utilizados na construção do protótipo consistem em três medidores de corrente invasivos, possibilitando a medição das correntes, como por exemplo de motores trifásicos, do ramal de alimentação residencial, dentre outras aplicações. O sistema de aquisição de dados proposto pode ser aplicado na obtenção de diversas grandezas como temperatura, pressão, umidade, etc., porém como o microcontrolador possui uma alta velocidade de aquisição e conversão de dados, ela será utilizada no trabalho de conclusão de curso na medição de fluxo de energia, como tensão e corrente. Em trabalhos posteriores poderá ser aprimorado, desenvolvendo dispositivos que auxiliem no monitoramento da qualidade de energia.

A seção 2.2 especifica que a taxa de transmissão de dados do padrão RS232 está limitada em 115 kbps. Esta limitação consiste no principal problema a ser solucionado na construção da placa de aquisição de dados, pois como foi visto na folha de dados do microcontrolador, o mesmo pode converter até 4 milhões de amostras por segundo. Em (3) observa-se que podem ser convertidos até 52 Mbps por segundo pelo dsPIC33, levando em consideração que cada amostra possui um bit de *start*, um bit de *stop* e um de paridade. Em (4) está mostrada a porcentagem dos dados que podem ser transmitidos para o MATLAB em relação aos dados convertidos.

$$\mathrm{b}_{total} = (\mathrm{b}_{conv} + \mathrm{b}_{ssp}) \times \mathrm{N}_{amostras} = (10+3) \times 4e^{6} = 52e^{6} bps \tag{3}$$

$\mathrm{b}_{conv}$ : quantidade de bits dos dados convertidos pelo A/D do dsPIC33;

$\mathrm{b}_{ssp}$ : quantidade de bits adicionais (*start*, *stop* e paridade);

$\mathrm{N}_{amostras}$ : número de amostras convertidas por segundo.

$$taxa_{\%} = \frac{b_{transm}}{b_{total}} \times 100 = \frac{115e^{3}}{52e^{6}} \times 100 = 0,22\% \tag{4}$$

$b_{transm}$ : bits enviados para o processador pelo RS232;

$b_{total}$ : Quantidade total de bits por segundo para transmissão.

Observando os dados calculados em (3) e (4) fica claro que o padrão RS232 não atende a demanda de dados convertidos, transmitindo menos de 1% dos dados. Portanto, para o desenvolvimento do protótipo visando maior efetividade, é necessária a utilização de outras formas de comunicação, podendo optar até mesmo pela forma síncrona de transmissão de dados. Uma opção consiste na utilização de um conversor FTDI CH340G USB, com velocidade total de 2 Mbps. Aplicando a velocidade de transmissão do conversor em (4), a taxa de bits enviados para o MATLAB aumenta teoricamente para 3,85%. A forma mais rápida encontrada para transmissão UART consiste na aplicação de um conversor UART para USB Mcp2200 da fabricante Microchip na saída do microcontrolador, disponibilizando uma velocidade de até 12 Mbps e aumentando consideravelmente a taxa de aquisição de dados.

O *datasheet* do microcontrolador determina que a velocidade máxima suportada pela UART do dsPIC33 é de 12,5 Mbps, possibilitando uma análise dos dados em tempo real. Para maiores velocidades de transmissão, torna-se necessária a utilização de outros tipos de comunicação como a SPI ou I2C. Esses dois métodos operam de forma síncrona, aumentando as taxas de transmissão. Contudo a grande quantidade de dados deve ser armazenada em cartões de memória, tornando inviável a análise em tempo real.

Outra forma de otimização do tempo de aquisição e transmissão dos dados está na utilização de apenas um SAR do conversor A/D. Desta forma o microcontrolador não ficará sobrecarregado com excessivas conversões, de modo que várias amostras poderão ser perdidas durante o processo devido a limitação da comunicação serial. A Tab. 1 apresenta as taxas de transmissão dos padrões RS232, CH340G e do conversor Mcp2200, ambos do protocolo UART, comparando as porcentagens de envio de acordo com as duas configurações possíveis do conversor A/D e determinando o Mcp2200 como o melhor método disponível para a construção do protótipo.

Tabela 1. Formas de transmissão serial e suas respectivas velocidades.

| Tipo de transmissão | Velocidade Máxima | Porcentagem de envio 2 SAR's | Porcentagem de envio 1 SAR |
|---|---|---|---|
| RS232 | 115 kbps | 0,22% | 0,44% |
| CH340G | 2 Mbps | 3,85% | 7,69% |
| Mcp2200 | 12Mbps | 23,07% | 46,15% |

## 5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do processamento digital de sinais aplicados em sistemas de automação residencial e industrial tornou-se imprescindível para garantia de evolução tecnológica e qualidade de vida. Para que esse avanço aconteça de forma consistente, o desenvolvimento de dispositivos aplicados a sistemas de medição e controle é muito importante, de forma que passou a ser muito estudado e aprimorado por projetistas e fabricantes do mundo inteiro. Portanto o trabalho teve por objetivo propor o desenvolvimento de um sistema de aquisição e tratamento de dados a partir da utilização de microcontroladores da plataforma dsPIC e do *software* MATLAB.

Conforme os estudos apresentados no referencial teórico e na discussão dos resultados, o desenvolvimento do sistema de processamento de sinais digitas ocorre a partir da conversão A/D. A resolução do conversor A/D do microcontrolador estudado no referencial teórico é de 10 bits. Os resultados preliminares obtidos apontam uma maior dificuldade no que diz respeito a transmissão serial para o MATLAB, pois a velocidade de aquisição dos dados do dsPIC33 é alta. Portanto o padrão RS232 poderá ser substituído por padrões de transmissão mais rápidos, como por exemplo o adaptador Mcp2200, garantindo resultados mais satisfatórios.

O sistema de aquisição de dados por meio de processamento digital de sinais utilizando o dsPIC33 está em processo de construção no trabalho de conclusão de curso que será concluído durante o semestre. Sua implementação, apresentação e discussão dos resultados serão descritas na própria monografia bem como em artigos posteriores.

## 6. REFERÊNCIAS

Antonio, M., 2006. *Programação de Microcontroladores PIC usando Linguagem C*. Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo - CEFET. Vitória.

Atmel Corporation, 2016. *Datasheet ATmega328/P*. San José, p. 442.

Chapman, S. J., 2003. *Programação em Matlab para Engenheiros*. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2ª. ed.

Flach, M. L., 2017. *Desenvolvimento de circuitos de instrumentação eletrônica aplicados à sistemas de controle*. Universidade Regional Integrada - URI. Frederico Westphalen, p. 93.

Gilat, A., 2006. *MATLAB com aplicações em engenharia*. Editora Bookman, Porto Alegre, 2. ed.

Igreja, A. S. D., 2009. *Sistema Embarcado de Aquisição de Dados e Análise Computacional*. Centro de Tecnologia em Automação e Informática. Canasvieiras.

Ingle e Proakis, 2012. *Digital Signal Processing Using MATLAB*. Cengage Learning, Stamford, 3ª. ed.

Lathi, B. P., 2008. *Sinais e sistemas lineares*. Bookman, Porto Alegre, 2ª ed.

Microchip Technology INC., 2011 *dsPIC33FJ16GS504 Data Sheet*. Chandler, p. 398.

Placko, D., 2007. *Fundamentals of Instrumentation and Measurement*. ISTE Ltd, Newport Beach.

Rabner, A., 2015 Embarcados. *Trabalhe sob pressão utilizando os DSCs dsPIC*. Aug. 2018 <https://www.embarcados.com.br/dscs-dspic-microchip/>.

Rashid, M. H., 2014 *Eletrônica de Potência, Dispositivos, Circuitos e Aplicações*. Editora Pearson, São Paulo, 4ª. ed.

Sanchez, J.; Canton, M. P., 2007. *Microcontroller Programming the Microchip PIC*. CRC Press, Boca Ratón 1ª. ed.

Texas Instruments, 2002. *Interface Circuits for TIA/EIA-232-F*. Dallas, p. 22.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SISTEMA DE CONTROLE DE POTÊNCIA ATRAVÉS DE EFEITOS SONOROS

**Danieli Roberta Zampieri Lazzarotto**
**Matheus Wonsick Ross**
**Hiedi dos Santos Ferreira**
**Edson Santos Acco**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
150713@upf.br, 122472@upf.br, matheuswonsick@hotmail.com, edson@upf.br

***Resumo.*** *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de controle de potência para uma carga resistiva através de efeitos sonoros. O intuito é fazer com que a luminosidade da lâmpada e, por consequência sua potência, permaneça variando de forma contínua, desde 0 a 100%, até que um sinal sonoro aumente a frequência do PWM e dessa forma mude a "velocidade" com que essa variação ocorre. Para tanto, foi definido quatro velocidades distintas que se alternam a cada sinal sonoro captado pelo microfone de eletreto na entrada do circuito. O sinal captado é condicionado e enviado ao microcontrolador PIC16F628A que, por sua vez, gera o sinal PWM responsável por controlar a potência da lâmpada. Como controle de potência utilizou-se um TCA785 bem como o MOC3020 para isolação entre os circuitos de controle e potência.*

***Palavras chave:*** *Controle de Potência, Luminosidade, Eletrônica de Potência.*

## 1. INTRODUÇÃO

Controlar o fluxo de energia elétrica entre sistemas elétricos distintos é motivo de interesse dentro da Engenharia Elétrica. Contudo, é desejável que tal controle seja realizado de forma a garantir um rendimento elevado, visto que frequentemente são empregados no tratamento de potências elevadas. Os conversores de eletrônica de potência utilizam dispositivos semicondutores tais como diodos, tiristores e transistores, para o tratamento eletrônico da energia elétrica e são empregados no controle de fluxo de energia entre dois ou mais sistemas elétricos (Barbi, 2005).

A Eletrônica de Potência pode ser definida como a aplicação de eletrônica para o controle e conversão de energia elétrica, sendo uma combinação de potência, controle e eletrônica. A potência cuida de equipamentos para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, enquanto a eletrônica trata de dispositivos e circuitos para o processamento de sinais que permitem alcançar os objetivos de controle desejados. A grande variedade de produtos de alta potência faz com que a Eletrônica de Potência seja amplamente utilizada em controle de aquecimentos, controle de máquinas elétricas, fontes de alimentação e controle de luminosidade (Rashid, 1999).

Este trabalho busca aplicar os conceitos de Eletrônica de Potência em um sistema de iluminação para uma lâmpada com potência de 100 W de forma que se obtenha um efeito luminoso que aumente ou diminua a intensidade do brilho da lâmpada, desde apagada até totalmente acesa. Este efeito será controlado a partir de sinais sonoros. Foram arbitradas quatro "velocidades" para o efeito desejado, assim, sempre que for aplicado um sinal sonoro na entrada do circuito, a variação de luminosidade assume uma das "velocidades" propostas.

## 2. METODOLOGIA E RESULTADOS

O projeto e produção do sistema de controle de potência por efeito sonoro foi dividido em três partes. Assume-se como primeiro estágio o sistema de recepção do sinal sonoro, o segundo estágio é responsável por controlar a "velocidade" do efeito luminoso a ser gerado e o terceiro estágio executa o controle de potência.

Deve-se ressaltar que a alimentação do circuito é feita com 220 V, dessa forma foi incluído um transformador para baixar a tensão até 18 V. Como foram utilizados circuitos integrados cuja alimentação é 5 V e também amplificadores operacionais com tensão de alimentação de 12 V, foram acrescentados ao projeto reguladores de tensão para 5 V (LM7805) e para 12 V (LM7812) que garantem a alimentação dos componentes do circuito.

### 2.1 Detecção do Efeito Sonoro

A primeira parte do circuito refere-se à captação do sinal sonoro. Para tal, foi utilizado um microfone de eletreto onde testes em laboratório mostraram que a saída do microfone atingia uma tensão de cerca de 500 mV quando submetido ao som produzido pelo bater de palmas. Com base nessa informação projetou-se um circuito comparador de tensão para este sinal.

Um comparador de tensão foi implementado com um amplificador operacional e com resistores ligados na entrada não inversora que vão determinar a tensão de referência, enquanto a entrada inversora recebe a tensão de entrada. Se a tensão de entrada for menor que a tensão de referência a saída do amplificador terá cerca de 0 V, caso contrário a saída do amplificador fica próxima da tensão de alimentação, ou seja, ela fica saturada.

Dessa forma, a saída do microfone foi usada como tensão de entrada do amplificador operacional e a tensão de referência foi regulada em 450 mV fazendo com que só tenha sinal na saída do amplificador quando o microfone captar algum som mais alto que o ambiente. Para esta parte do projeto foi utilizado o amplificador operacional LM358 com tensão de alimentação de 12 V e os resistores de 1kΩ e 18kΩ.

A saída do comparador foi ligada ao CI 74LS14, um ***Schmitt Trigger***, para filtrar efeitos ***bouncing***. O efeito ***bouncing*** é a oscilação de um sinal no momento de troca de estado lógico que pode causar acionamento indesejado; para evitar esses ruídos e garantir que a saída do comparador ficasse em nível lógico alto por tempo suficiente para a aplicação, foi acrescentado o circuito ***Schmitt Trigger***. O resultado final do primeiro estágio é mostrado na Fig. 1.

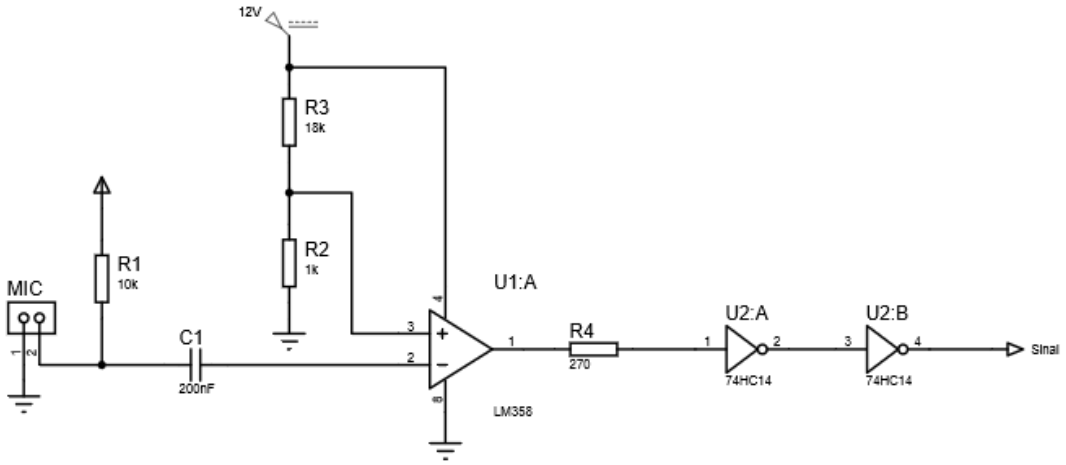



Figura 1. Detector de Efeito Sonoro.

O sinal de saída do circuito ***Schmitt Trigger*** é enviado ao segundo estágio para gerar a modulação por largura de pulsos - PWM.

## 2.2 Controle do Efeito Luminoso

O sinal do primeiro estágio é enviado para o pino de interrupção externa do microcontrolador PIC16F628A; isso faz com que haja uma interrupção toda vez que for gerado um sinal externo ligado ao pino. Quando ocorrer uma interrupção o programa altera a frequência do sinal PWM que controla o efeito luminoso na lâmpada.

A Modulação por Largura de Pulso – PWM é uma técnica amplamente utilizada para controle de potência. Ela depende de sua razão cíclica ou ciclo de trabalho, ou seja, a relação entre o tempo em que o sinal está em nível alto e o período do sinal para controlar a transferência de potência entregue a carga, isto é, a potência que a carga irá receber é proporcional a razão cíclica definida no circuito PWM.

A saída PWM também gera o sinal de ***clock*** para o contador binário (74LS191). Sempre que o microcontrolador recebe uma interrupção, ou seja, cada vez que o microfone capta um som, a frequência muda, fazendo a velocidade de variação da luminosidade da lâmpada mudar. Este sinal PWM é enviado ao contador binário, onde a cada vez que a frequência mudar, a velocidade de contagem aumentará, provocando assim uma mudança na velocidade do efeito de luminosidade. Na saída do contador binário, tem-se um conversor digital/analógico (D/A), implementado por uma rede R-2R que gera o sinal enviado ao terceiro estágio para ser a tensão de referência do controle de potência feito pelo TCA785. A lógica de programação usada no microcontrolador pode ser vista no fluxograma da Fig. 2 e o circuito do segundo estágio está representado na Fig. 3.

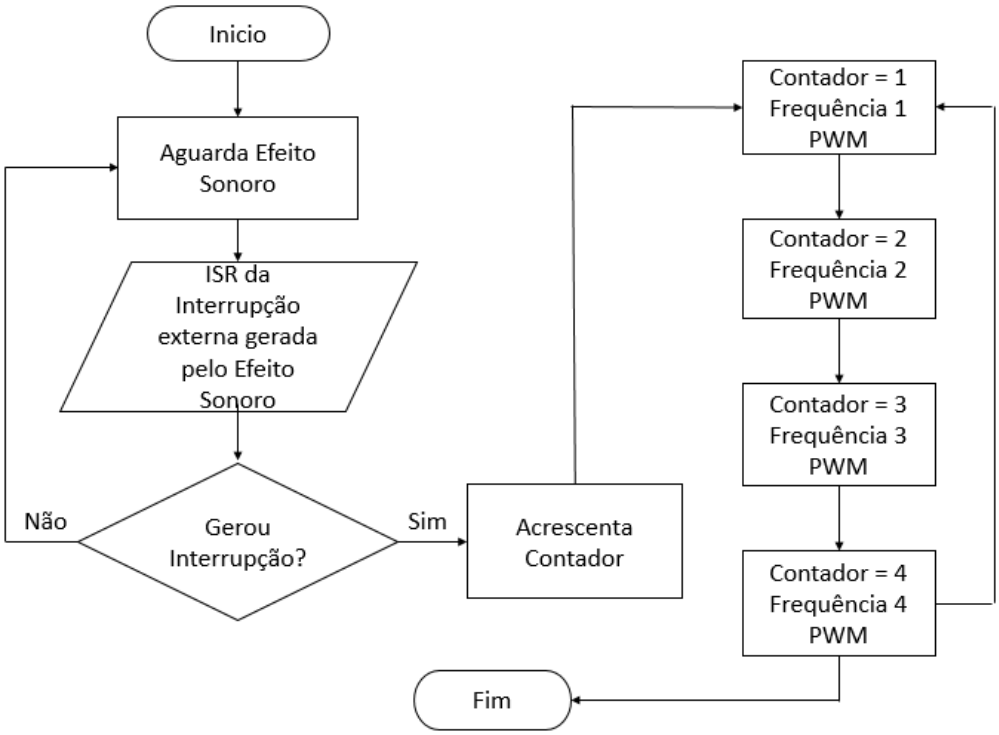



Figura 2. Fluxograma simplificado que sintetiza o programa utilizado no microcontrolador.

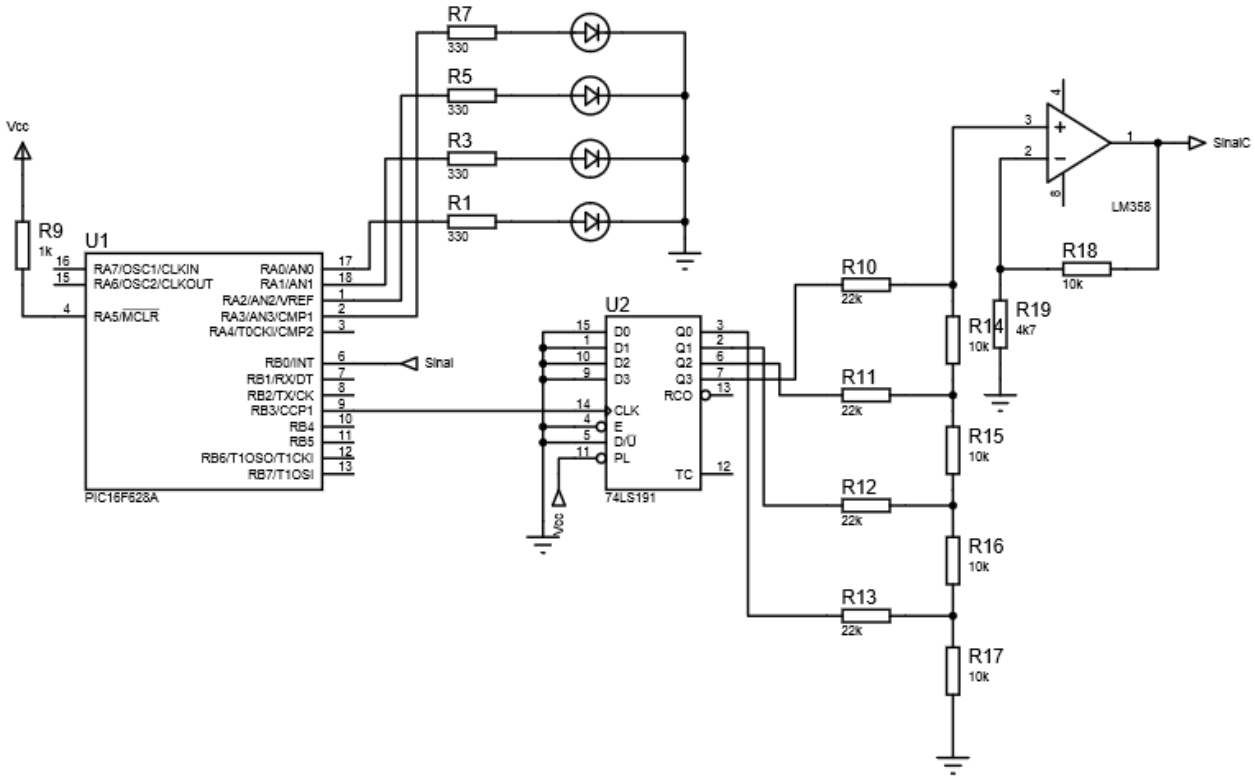



Figura 3. Controle do efeito luminoso por PWM.

### 2.3 Controle de Potência

Os tiristores são dispositivos semicondutores formados por quatro camadas PNPN que são usados como chaves eletrônicas. Uma das vantagens do uso dos tiristores é converter e controlar altas potências em sistemas AC ou DC (Ahmed, 2000). Neste projeto o controle de potência é feito utilizando um TRIAC, que é uma chave eletrônica bidirecional da família dos tiristores. Deve-se notar que o funcionamento desta chave semicondutora depende da corrente de gatilho, que é responsável por iniciar a condução da mesma.

Enquanto os tiristores são responsáveis pela parte de potência do circuito, a parte do controle é encarregada pelo disparo do tiristor. Para fazer este controle foi escolhido o circuito integrado TCA785 da Siemens. Este CI realiza o controle de fase que é uma técnica responsável para controlar potência para uma determinada carga acionando a chave semicondutora em um determinado ângulo sincronizado com a rede elétrica.

Internamente o CI possui um detector de passagem por zero, que gera um pulso de sincronismo sempre que a rede elétrica passa por zero, o que leva um comparador a informar ao registrador de sincronismo. Este registrador controla um gerador de rampa que pode ser ajustado pelos componentes dos pinos 9 e 10 e corresponde ao tempo de carga de um capacitor que é carregado por uma corrente constante determinada por um resistor externo ligado ao pino 9. Quando a tensão da rampa excede a tensão de controle um pulso de disparo é gerado. O ângulo de disparo (α) é determinado pela tensão de controle e pode variar de 0º a 180º. O disparo ocorre quando a tensão da rampa for igual a tensão de controle (Volpiano, 2016). Para o projeto, a tensão de referência no pino 11 vem do circuito PWM descrito no segundo estágio.

As equações características do TCA785 usadas no projeto podem ser encontradas no datasheet do mesmo. A princípio definiu-se a tensão da rampa como sendo 10V e considerando as informações do datasheet onde a corrente no pino 10 ($I_{10}$) deve estar entre 10 µA e 1000 µA, adotou-se $I_{10}$ = 100 µA. A partir disso, fazendo uso da Eq. 1 obteve-se o valor do resistor $R_9$ = 34100 Ω, responsável pela rampa, contudo, para melhor ajuste a montagem foi feita com um resistor de 1k Ω em serie com um ***trimpot*** de 100k Ω.

$$I10 = \frac{3{,}1 \times 1{,}1}{R9} \tag{1}$$

Tendo o valor de $R_9$, pode-se calcular o capacitor $C_{10}$ através da Eq. 2. Como a tensão de alimentação é a própria rede elétrica, a frequência de trabalho é 60Hz e t será igual a 8,33 ms. Dessa forma tem-se $C_{10}$ = 83,3nF, onde o capacitor com valor comercial mais próximo é 100nF.

$$V10 = \frac{3{,}1 \times 1{,}1 \times t}{R9 \times C10} \tag{2}$$

Em seguida, determinaram-se os resistores de ajuste do ângulo de disparo referentes ao pino 11. Assumindo a corrente do divisor de tensão como sendo 1mA e adotando um resistor de 2k Ω, chegou-se a um potenciômetro no valor de 10k Ω. Por fim, com a Eq. 3 foi calculado o valor do resistor de sincronismo que corresponde ao pino 5 do CI, considerando como queda de tensão no diodo 0,8 V e 18×√2 como pico de tensão, o valor de $R_5$ é 22,23k Ω cujo valor comercial mais próximo é 22k Ω.

$$R5 = \frac{18 \times \sqrt{2} - 0{,}8}{1m + 100\mu} \tag{3}$$

Optou-se por adicionar ao projeto uma isolação entre os circuitos de controle e potência. Para tal, foi escolhido o Opto acoplador MOC3020 capaz de realizar o isolamento de partes específicas de um circuito. Através de um isolamento constituído por um diodo emissor de luz interno, o MOC3020 consegue controlar um "fototriac" com tensões até 240V. No interior do Opto acoplador existe um LED junto a um receptor, quando o LED está aceso o contato abre e a tensão flui normalmente caso contrário, o contato fecha e bloqueia a passagem de tensão.

Com base no datasheet do MOC3020 tem-se $VT_{MOC3020}$ = 3V, $I6_{MOC3020}$ = 1A e $VLED_{MOC3020}$ = 1,15V ainda adotou-se $ILED_{MOC3020}$ = 15mA, com esses dados foi possível calcular o resistor de entrada do opto acoplador com a Eq. 4 que resultou em 656,6 Ω sendo o valor comercial mais próximo 680 Ω.

$$R = \frac{12 - 1 - 1{,}15}{15m} \tag{4}$$

Entre o MOC3020 e o TRIAC (TIC 226) foi utilizado um resistor de 330 Ω. O circuito final do estágio de controle e potência pode ser visto na Fig. 4.

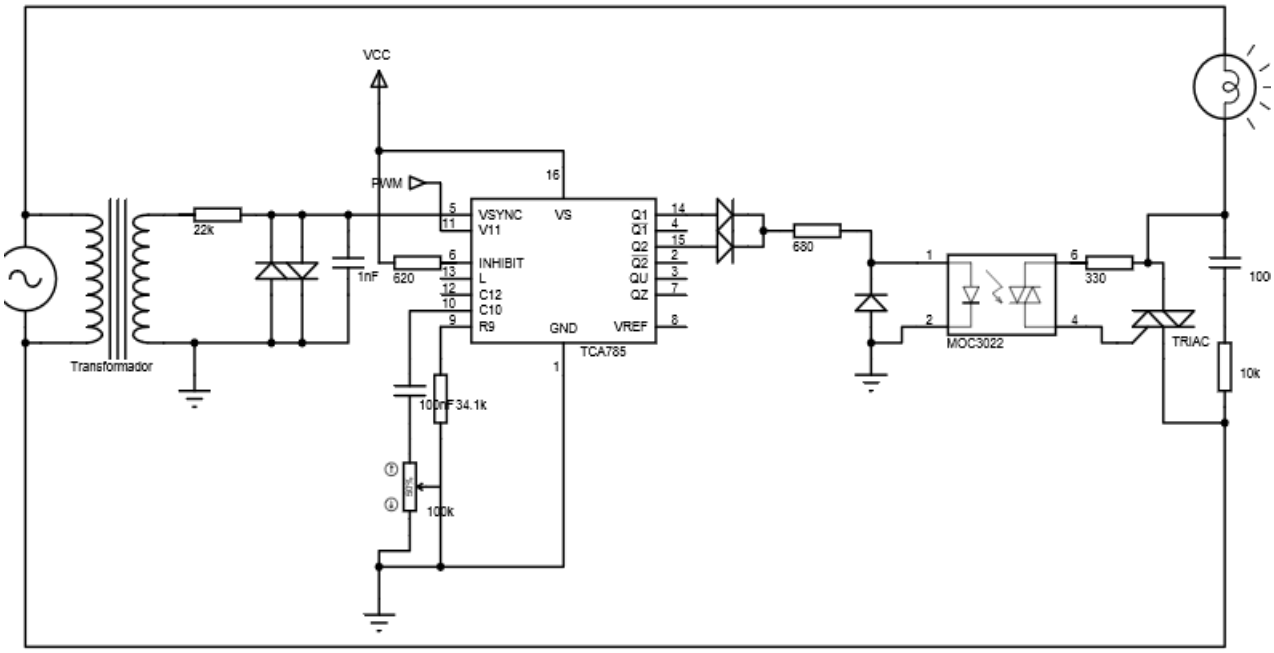



Figura 4. Circuito de controle e potência.

## 2.4 Montagem e Resultados

Após projetar e simular cada estágio do projeto, os mesmos foram montados e testados individualmente sendo feitos os ajustes necessários com a experiência pratica. A seguir, o circuito foi agrupado e os testes de bancada demostraram que o mesmo opera como desejado. O resultado final do projeto pode ser visto na Fig. 5 onde à esquerda tem-se a visão externa e a direita a visão interna do protótipo.

Figura 5. Visão externa e interna resultado final do projeto.

## 3. CONCLUSÃO

Neste projeto, foi apresentado o desenvolvimento de um circuito para controle de potência com acionamento realizado por sinais sonoros, no caso, o bater de palmas. Foi utilizado o PIC16F628A para captar o bater de palmas, ajustar a modulação PWM e controlar a luminosidade da lâmpada. O controle de potência foi realizado com a técnica do controle de fase, e, para isto, foi utilizado o TCA785.

Ao terminar o projeto verificou-se que os circuitos projetados e desenvolvidos se comportaram da maneira esperada, proporcionando um efeito de controle eficiente. Contudo, o microfone de eletreto utilizado para captar o som, não alcançou uma distância significativa, ficando limitado a cerca de 80 cm de distância da origem do som.

## 4. REFERÊNCIAS

Ahmed, A., 2000. *Eletrônica de Potência*. Prentice Hall, São Paulo, 1º edição.
Barbi, I., 2005. *Eletrônica de Potência*. do Autor, Florianópolis, 5º edição.
Rashid, M., 1999. *Eletrônica de Potência: circuitos, dispositivos e aplicações*. Makron Books, São Paulo, 1º edição
Volpiano, S., 2016. *Eletrônica de Potência*. SENAI-SP Editora, São Paulo, 1º edição.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INVERSOR DE TENSÃO PWM SENOINAL MICROCONTROLADO

**Gustavo Renã Fiedler**
**Pedro Henrique Baseggio Panisson**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
142685@upf.br
142702@upf.br

**Edson Santos Acco**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
edson@upf.br

***Resumo.*** *Este trabalho consiste no estudo e desenvolvimento de um inversor monofásico com modulação PWM senoidal onde os sinais de controle do sistema foram originados pelo microcontrolador Tiva TM4C123GH6PM. A escolha por um inversor modulado definiu-se a partir da sobreposição de suas qualidades quando comparada a um inversor não modulado, onde o principal fator positivo em seu funcionamento é a redução da distorção harmônica do sinal de saída. O circuito eletrônico consiste em uma série de estágios vistos como necessário para a realização do projeto, bem como estágio de isolação galvânica entre o microcontrolador e o circuito de potência estágios de ganho de tensão e corrente, estágio de conversão CC-CA e um estágio de filtragem do sinal para obter um sinal senoidal de 100 Hz na saída do conversor.*

***Palavras chave:*** *inversor, modulação PWM senoidal.*

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como proposta a criação de um sistema de conversão de energia CC-CA com alta eficiência, qualidade de sinal e baixo custo de fabricação. A aplicação de inversores com modulação PWM em alta frequência encaixam-se com os ideais do projeto, dessa forma o presente trabalho consiste no projeto de um inversor com modulação senoidal com sinal de saída com frequência fundamental de 100 Hz.

## 2. METODOLOGIA E RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados embasamentos teóricos para a compreensão do sistema de conversão CC-CA em questão bem como os métodos utilizados para a construção do conversor. Serão também demonstradas as equações utilizadas para projeto e dimensionamento dos componentes e os estágios construtivos do mesmo.

### 2.1 Inversor de frequência

Os inversores de frequência são equipamentos importantes tanto no ambiente industrial quanto residencial. Podem ser utilizados em diversas aplicações como controle de velocidade de motores de indução ou até mesmo em sistemas de geração de energia fotovoltaica. Seu funcionamento baseia-se em um processo de conversão de um sinal contínuo (CC) em um sinal alternado (CA), dessa forma os inversores são denominados conversores CC-CA.

São muitas as classificações que podem ser atribuídas aos inversores. No caso de inversores com transistores, a classificação pode ser estabelecida baseando-se na forma de acionamento dos mesmos. Assim temos os inversores de onda quadrada, inversores modulados – modulação PWM de alta frequência, com controle por deslocamento de fase, dentre outros. Além disso os inversores podem ser classificados em trifásicos ou monofásicos. Um inversor monofásico pode possuir estrutura em meia ponte ou ponte completa, conforme Figura 1.

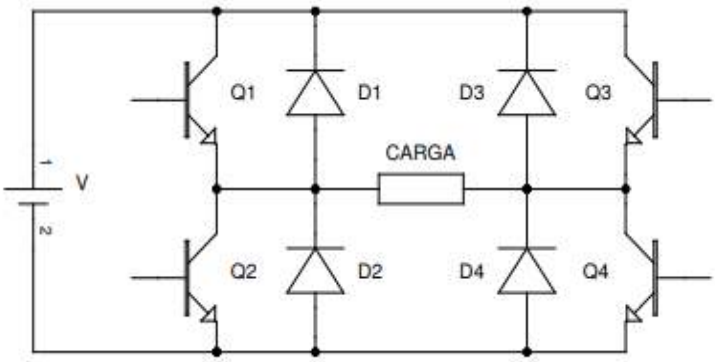



Figura 1 – Inversor monofásico com estrutura em ponte completa

## 2.2 Inversores não modulados

Os inversores não modulados apesar de serem muito simples de implementar, possuem uma série de desvantagens como alta distorção harmônica, necessidade de filtros volumosos e possuem característica de geração de harmônicas em baixa frequência dificultando a filtragem do sinal sem atenuar significativamente o sinal fundamental. Estas desvantagens limitam o uso de inversores não modulados em aplicações, tais como motores de indução de velocidade variável, onde as tensões não senoidais produzem vibrações dos motores da faixa de variação de frequências (10Hz a 400Hz) dificultando o uso de filtros.

## 2.3 Inversores modulados

Visando maior eficiência e qualidade do sinal apresentado na saída do conversor este trabalho baseia-se na aplicação de um inversor com modulação PWM. Diferentemente dos inversores não modulados, os inversores modulados possuem geração de harmônicas em alta frequência facilitando o processo de filtragem do sinal e também reduzindo os custos com a fabricação do filtro.

Tipicamente o sinal de controle é obtido através de uma comparação entre uma rampa e um sinal senoidal com frequências diferentes, esta relação de frequência é definida pela equação (1).

$$mf = \frac{framp}{fsen} \tag{1}$$

Onde:
framp é a frequência do sinal triangular
e fsen é a frequência do sinal senoidal.

Dependendo de "mf"(índice de modulação de frequência) os inversores modulados são classificados em:
- Muito modulados se mf > 21
- Pouco modulados se mf < 21

## 2.4 Circuito proposto e funcionamento

Os estágios construtivos do inversor modulado projetado, são os apresentados no diagrama a seguir:

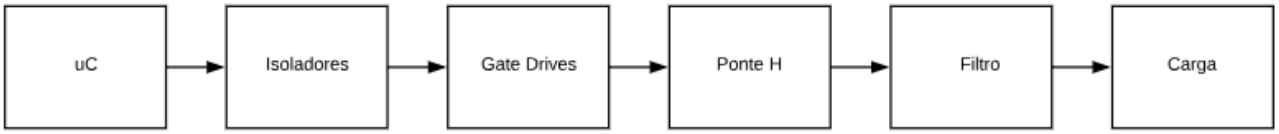



Figura 2 – Diagrama construtivo do inversor modulado.

O sinal de acionamento da ponte H foi gerada pelo microcontrolador Cortex Arm TM4C123GH6PM, a simulação para extração dos tempos necessário foi realizada no software PSIM. Para evitar possíveis danos no microcontrolador foi utilizado o circuito integrado ISO122 que é um isolador galvânico.

O microcontrolador trabalha com tensão de saída de 3,3Vp logo, foi necessário a utilização de um estágio de ganho, realizado com um amplificador operacional. Após o ganho de tensão, o sinal é entregue a um gate driver para oferecer maior capacidade de corrente para acionar os MOSFET's que estão em estrutura ponte H. Um filtro LC foi desenvolvido para obter a filtrar as harmônicas de ordem superior, restando apenas a fundamental e esperada senóide.

Para a obtenção de tensões requeridas o controle do sinal senoidal vai ser comparado com um sinal triangular. O sinal triangular define a frequência de comutação e, em geral mantém-se constante.

A Fig. 3 mostra um ramo (ramo A) de um inversor modulado em que a sequência de abertura e de fechamento dos interruptores (TA+ e TA-) obtida pela interseção de um sinal triangular e um sinal senoidal. Quando a tensão de controle Vcontrol é maior do que a tensão do sinal triangular Vtriangular, a chave TA+ (chave superior) irá fechar; da mesma forma, quando a tensão triangular excede o controle o interruptor TA- (chave inferior) irá fechar e o sistema de chaveamento irá funcionar de forma complementar. Se fecharmos ambas as chaves simultaneamente irá ocorrer um curto-circuito.

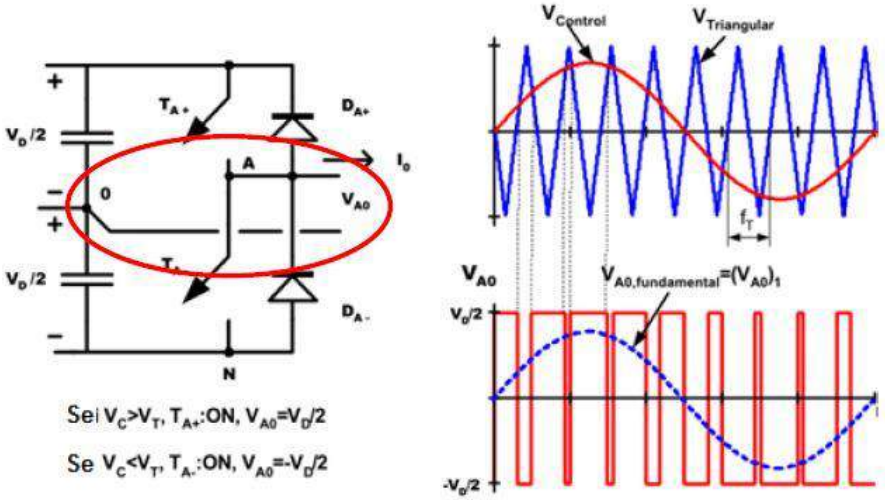



Figura 3 – Modulação por largura de Pulsos - PWM. Sinal obtido em uma meia ponte.

Como escolha de projeto foi definido que o inversor seria do tipo muito modulado, ou seja, mf > 21.
Dessa forma definiu-se a frequência do sinal de controle senoidal com frequência de 100 Hz e sinal triangular com frequência de 2,5 kHz, conforme equação (2).

$$mf = \frac{2500}{100} = 25 \tag{2}$$

Logo, o sinal gerado na saída do microcontrolador pode ser observado na figura 4, obtido com o osciloscópio.

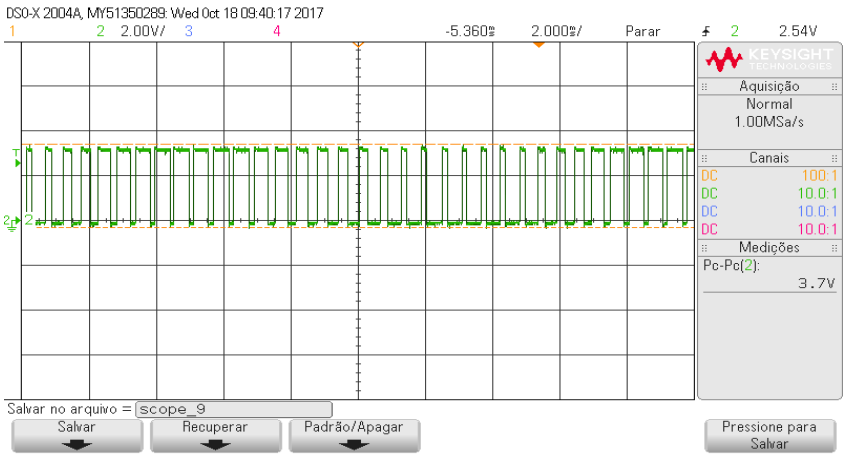



Figura 4 – Sinal de saída ARM.

O gate drive utilizado no projeto foi o IR2110, o mesmo é responsável por proporcionar um ganho de tensão e corrente no sinal de acionamento provindo do microcontrolador e aplicado ao gatilho dos MOSFET'S da ponte H. O sinal de saída de um dos gate drives pode ser observado na figura 5.

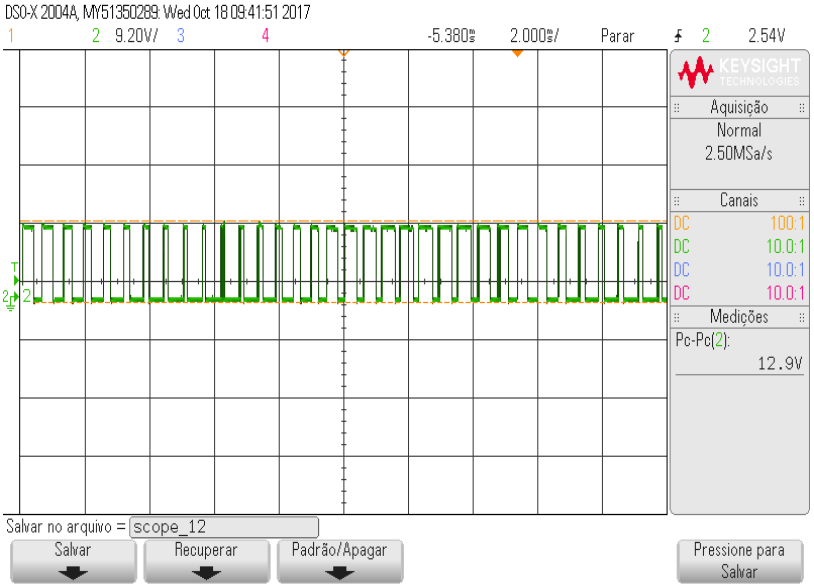



Figura 5 – Sinal de saída gate drive IR2110

Nas equações (3) a (9) serão demonstrados os passos para projeto do filtro LC. Por característica do controle bipolar a harmônica de maior amplitude encontra-se em mf, conforme figura 5.

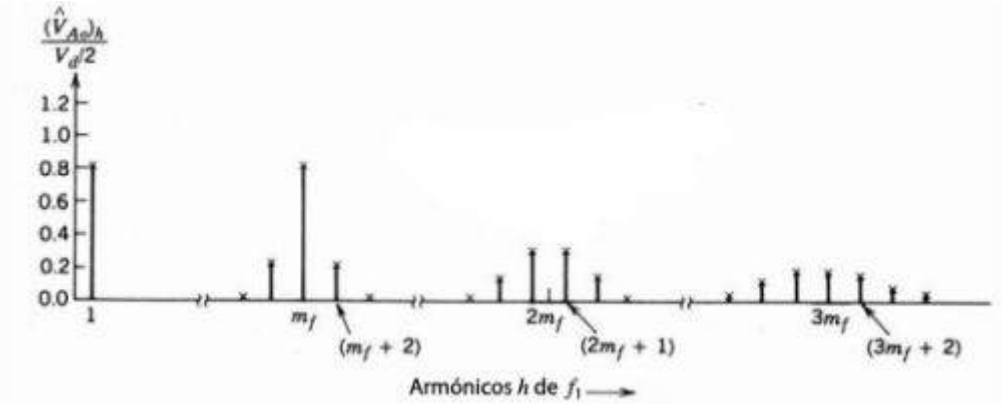



Figura 5 – Harmônicos para modulação PWM senoidal bipolar

$$\frac{9.6}{100} \times 3 = 0{,}288\ V \tag{3}$$

$$Atenuação = \frac{0.288}{9.81} = 0.03 \tag{4}$$

$$\frac{w}{wo} = 6 \tag{5}$$

$$\omega = 2 \times \pi \times 2500 = 15700\ rad/s \tag{6}$$

$$\omega 0 = \frac{15700}{6} = 2617\ rad/s \tag{7}$$

$$\sqrt{\frac{1}{LC}} = \omega 0 \tag{8}$$

$$Q = \frac{R}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \tag{9}$$

Substituindo os valores nas equações (7) e (8) encontra-se facilmente os respectivos valores de C e L sendo que C=100uF e L=1,46mH.

Finalmente chega-se aos resultados práticos obtidos na saída do inversor monofásico conforme observados na figura 6.

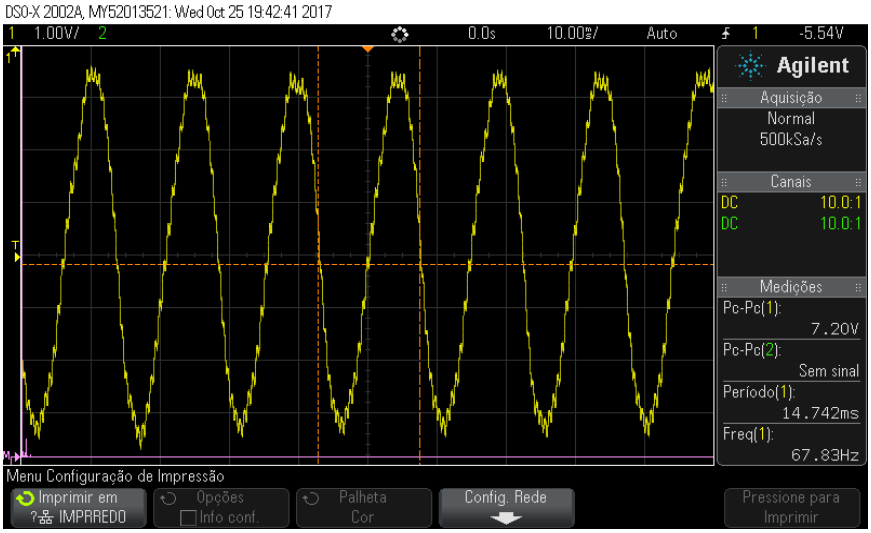



Figura 6 – Sinal senoidal de saida do inversor

Analisando o sinal de saída do inversor podemos perceber a presença de componentes de alta frequência de aproximadamente 2 kHz causando algumas distorções no sinal. Utilizando a função *math* do osciloscópio, pode ser observada a resposta em frequência do sinal, baseado na transformada rápida de Fourier (FFT), como mostrado na figura 6.

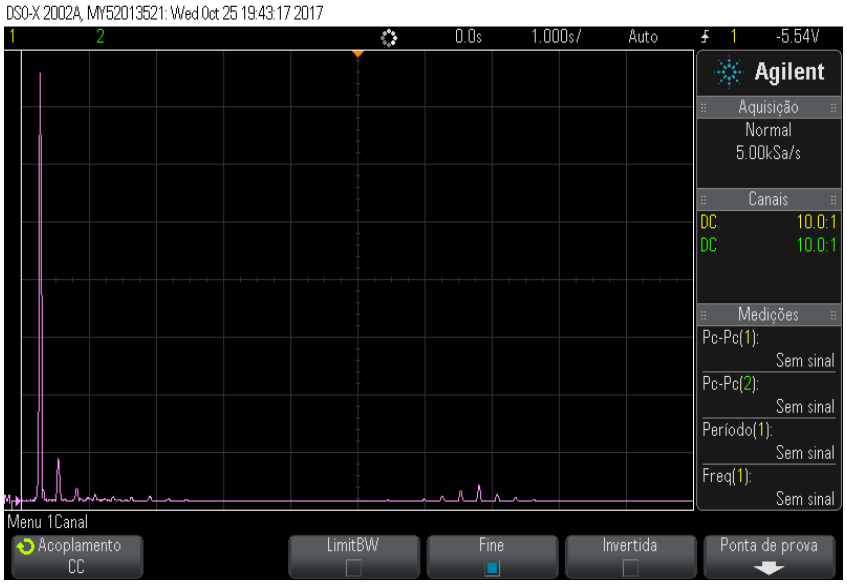



Figura 7 – Identificação das harmônicas através da transformada de Fourier

Os resultados obtidos condizem com o esperado, para eliminar os ruídos excedentes devem ser realizadas melhoras na construção do filtro ou como segunda opção utilizar acionamento unipolar cujo desloca as harmônicas para a magnitude de 2mf facilitando a filtragem do sinal.

## 3. AGRADECIMENTOS

## 4. REFERENCIAS

RASHID, Muhammad H. **Eletrônica de Potência.** 4 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil,2014**.**

MOHAN, Ned. **Eletrônica de Potência.** 1 ed. São Paulo: LTC, 2014.

## 5. AVISO RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis para o material impresso neste documento.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SISTEMA MICROCONTROLADO PARA AQUECEDOR DE AMBIENTES

**Hiédi dos Santos Ferreira**
**Daniel Vinicius Belusso**
**Danieli Roberta Zampieri Lazzaroto**
**Edson Santos Acco**
UPF - Universidade de Passo Fundo BR 285 – São José CEP 99052-900, Passo Fundo – RS
122472@upf.br
145504@upf.br
150713@upf.br
*edson@upf.br*

***Resumo.*** *Os tiristores de potência são dispositivos eletrônicos que fazem uso do sinal em seu gatilho para controlar o acionamento de cargas. É possível variar a potência entregue à tais cargas aplicando ao gatilho do TRIAC, um tiristor, um sinal de clock com ciclo de trabalho variável, o sinal PWM. O uso de microcontroladores facilita a geração deste sinal. O presente trabalho apresenta o controle de potência entregue a um sistema de aquecimento, que controla a temperatura proporcionalmente à sua potência. Com o sinal PWM gerado pelo microcontrolador e enviado ao gatilho do TRIAC, é possível ajustar a potência do aquecer em 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.*

***Palavras chave:*** *PWM, Eletrônica de Potência, TRIAC, Microcontroladores.*

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização da Eletrônica de Potência para o controle de temperatura em sistemas de aquecimento é bastante utilizada. No caso da temperatura, especificamente, é possível utilizar a técnica do Controle de Fase e a técnica do Controle por Ciclos Inteiros; cada uma delas com características distintas. Nos dois casos, entretanto, o controle de acionamento das chaves semicondutoras, em geral tiristores, é feita pelo sinal adequado aplicado ao gatilho dos mesmos. Neste projeto, o sinal a ser enviado para o controle de potência do sistema de aquecimento é gerado por um microcontrolador bastante popular, o Arduino Uno. Após a sincronização com a rede elétrica o microcontrolador gera o sinal modulado por larguras de pulso – PWM para ser enviado ao gatilho do TRIAC para que este, possa acionar a carga em diferentes potências conforme desejadas. Este conjunto de etapas proporciona o funcionamento desejado para o projeto que é o de controlar a potência de uma carga resistiva, neste caso, um sistema de aquecimento resistivo.

## 2. DESENVOLVIMENTO

O circuito é alimentado a partir da rede elétrica 220V, passa por um transformador sendo rebaixado para 18V, corrente alternada. Além de rebaixar a tensão de entrada, o transformador também faz a primeira isolação do circuito com a rede elétrica.

Em seguida o sinal passa por uma ponte retificadora não controlada. Este sinal retificado é enviado para um regulador de tensão de 5V DC, e esta tensão servirá para alimentar os CI'S e o microcontrolador. O diagrama de blocos do circuito pode ser visto na "Fig. 1":

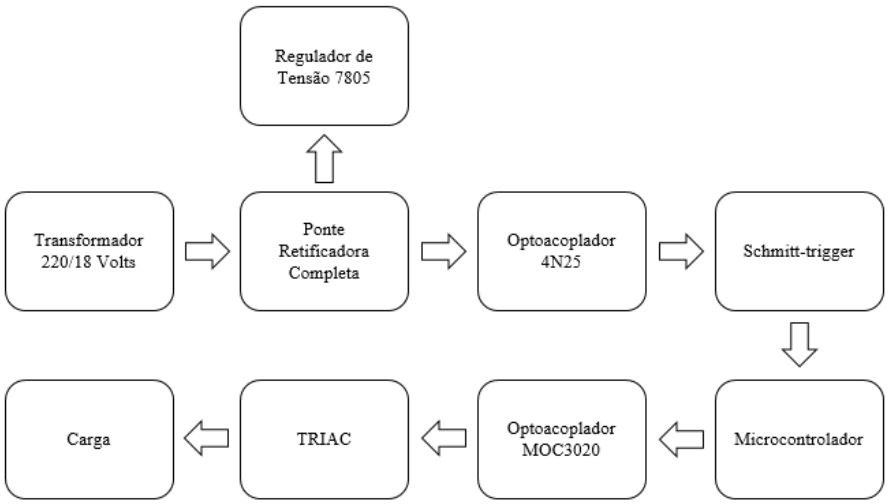



Figura 1. Diagrama de blocos do circuito

### 2.1 Opta-acopladores

O uso de optoacopladores em circuitos eletrônicos é uma medida de segurança, pois, fazem a isolação entre circuitos. Para este projeto faz-se o uso de dois optoacopaldores. O primeiro optoacoplador o 4N25 faz a isolação entre o sinal retificado de entrada e os componentes do circuito protegendo-os de eventuais surtos da rede elétrica. O segundo optoacoplador o MOC3020 faz a isolação e também a proteção do TRIAC.

### 2.2 Sincronismo com a rede elétrica

Para o perfeito funcionamento do projeto é muito importante que o circuito esteja sincronizado com a rede elétrica, para isso faz-se uso do CI 74LS14, um circuito *Schmitt-trigger* que é amplamente utilizado quando se precisa gerar sinais de *clock* a partir de redes senoidais, neste caso em específico, para transformar um sinal de entrada senoidal de 60 Hertz em um sinal de saída quadrado de 60 Hertz. O funcionamento segundo Bignell (1995, p.128), quando a tensão de entrada cresce e passa pela tensão de limiar superior, a tensão de saída muda de estado. Ela não mudará de estado novamente enquanto a tensão de entrada não cair abaixo da tensão de limiar inferior.

Este funcionamento pode ser observado na curva obtida pelo simulador PROTEUS conforme “Fig. 2” onde, a curva azul simboliza a entrada do sinal senoidal e a curva amarela a saída quadrada.

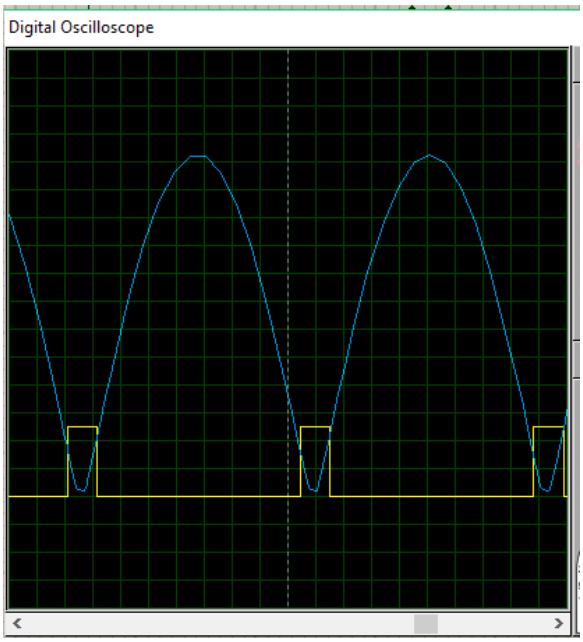


Figura 2. Simulação do sinal de sincronismo com Schmitt-trigger

É possível observar que o sinal de saída possui um pulso positivo de 0 à 5 volts de curto período quando o sinal senoidal de entrada passa por zero. Este sinal será inserido à entrada do microcontrolador e servirá para o sincronismo com a rede elétrica.

### 2.3 TRIAC

Tiristor é a denominação de um conjunto de dispositivos de quatro camadas PNPN, cuja principal função é realizar o controle de potência de uma carga (CRUZ, 1960, p.243). Há diversos tipos de tiristores, mas para o projeto em questão o tiristor escolhido é o TRIAC pelo fato desse dispositivo conduzir nos dois semiciclos da rede elétrica. Para que o dispositivo entre em condução é necessário aplicar em seu gatilho um pulso de clock. Quando o clock estiver em nível lógico alto surgirá no gatilho do TRIAC uma corrente suficientemente capaz de ocasionar sua condução e da mesma forma, quando o clock estiver em nível lógico baixo o TRIAC não será acionado. Quando o TRIAC não está em condução (cortado) pode-se compará-lo à um circuito aberto, nesta situação a carga não receberá tensão e, portanto, sua potência será nula e não emitirá calor. Quando o TRIAC recebe o pulso em seu gatilho e passa a conduzir pode-se compará-lo a um curto circuito e, portanto, a tensão chegará à carga.

### 2.4 Sinal PWM

Chega-se a uma das partes mais importante do projeto, o sinal a ser utilizado para acionamento do TRIAC e consequente acionamento da carga, o sinal com modulação PWM. Este sinal é gerado pelo microcontrolador, o PWM (*Pulse Widht Modulation*) ou modulação por largura de pulso, é amplamente utilizado em circuitos de controle de frequência fixa.

Pela definição de PWM, segundo o autor Mello (1996, p.140), o modulador PWM é um circuito que transforma um sinal contínuo em pulsos. Estes pulsos devem representar o nível DC do sinal. Os pulsos possuem frequência fixa e a largura varia conforme o sinal de entrada.

Como a largura do pulso durante o período em que o TRIAC estiver conduzindo será responsável pela potência entregue à carga, então quanto maior o ciclo de trabalho do sinal PWM, maior será a potência na carga. Abaixo é possível observar formas de ondas obtidas com o simulador PROTEUS, para um ciclo de trabalho de 25% e 75% respectivamente.

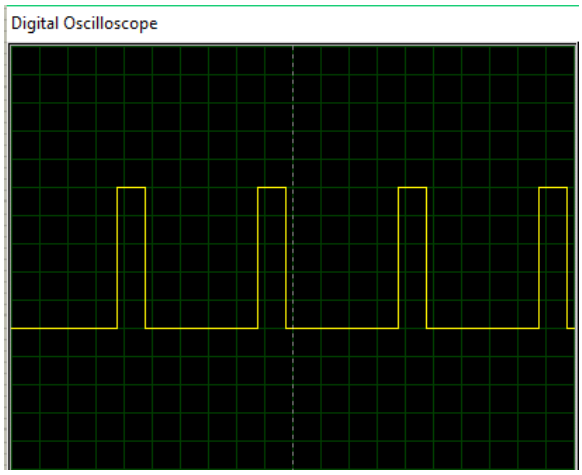



Figura 3. Sinal PWM para um ciclo de trabalho de 25%

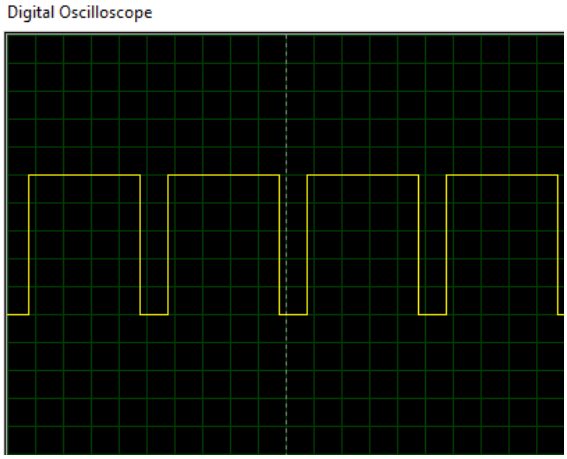



Figura 4. Sinal PWM para um ciclo de trabalho de 75%

## 3. RESULTADOS

O projeto proporcionou a comprovação da vasta gama de aplicações do sinal PWM. Neste projeto em especifico optou-se por variar a potência da carga em potências discretas pré-estabelecidas: 0%, 10%, 25%, 50%, 75% e 100%. Esta variação poderia ter sido bem mais ampla, uma vez que a utilização do microcontrolador torna a tarefa bastante facilitada.

Na “Fig. 5” é possível ver o projeto em funcionamento. A potência em que a carga está operando é visualizada em um display de LCD. Os botões permitem ao usuário aumentar ou reduzir a potência do aquecedor conforme seja desejado.

Figura 5. Projeto em funcionamento

## 4. REFERÊNCIAS

CRUZ, Eduardo Cesar Alves. 1960. Eletrônica Aplicada. 2.ed. São Paulo: Érica,2008.

BIGNELL, James W. Entradas Schmitt-Trigger e Clocks. In: Eletrônica Digital. São Paulo: Makron Books, 1995. v.2.

MELLO, Luiz Fernando Pereira de. Modulador PWM. In: Análises e projetos de fontes chaveadas. São Paulo: Érica, 1996.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# GERAÇÃO EÓLICA VERTICAL: UMA ALTERNATIVA PARA GERAÇÃO DISTRIBUIDA

**Natanael Felipe Krebs Riedel**
**Ricardo Arpini Souza**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
natanaelriedel@hotmail.com, ricardoarpini@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Buscando aprofundamento em um dos temas mais debatidos em termos de energia renováveis hoje, propõem-se aqui uma análise construtiva e qualitativa dos geradores eólicos do tipo vertical, visando em exclusivo o modelo Savonius. Além disso, foi almejada uma discussão referente a viabilidade do modelo Savonius relacionando geração distribuída, juntamente com suas possibilidades de aplicação em espaços urbanos livres.*

***Palavras-chave:*** *Geração eólica, Turbina vertical, Modelo Savonius.*

## 1. INTRODUÇÃO

O vento, traduzido como a atmosfera em movimento tem sua origem na associação entre a energia solar e a rotação planetária. Todos os planetas envoltos por gases em nosso sistema solar demonstram a existência de distintas formas de circulação atmosférica e apresentam ventos em suas superfícies. Trata-se de um mecanismo solar-planetário permanente; sua duração é mensurável na escala de bilhões de anos. (Amarante, 2001)

Cada vez mais o aproveitamento energético eólico no mundo vem consolidando-se como uma alternativa viável e limpa. Esse tipo de energia compõe por completo matrizes energéticas de muitos países. Os ventos oferecem uma opção de suprimento no século XXI, em conjunto com outras fontes renováveis, vem a conciliar as necessidades de uma sociedade industrial moderna com os requisitos de preservação ambiental. (Junior, 2016)

Neste sentido a turbina eólica Savonius vem de encontro, pois apresenta uma considerável simplicidade de construção, refletindo nos seus custos de aquisição e instalação. Da mesma forma que se adapta muito bem a reduzidos índices de vento, o que é o caso da maioria dos centros urbanos.

## 2. METODOLOGIA

A presente pesquisa exploratória foi feita mediante leitura sistemática, com fichamento de cada obra, ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão. Baseando-se no método hermenêutico, realizou-se uma análise sobre geradores eólicos do tipo vertical, dando ênfase ao modelo *Savonius*.

## 3. RESULTADOS

As turbinas verticais, possuem diversas vantagens construtivas, como por exemplo facilidade na sua construção e manutenção pois o gerador e engrenagens, que constituem a parte mais pesada da estrutura estar próximo ao chão e suas pás captarem ventos de todas as direções.

O rotor *Savonius* mais simples é constituído de um cilindro vertical cortado pela metade da base ao topo, com as duas metades deslocadas. Funciona de forma semelhante a um anemômetro, instrumento medição usado na identificação da velocidade do ar. O torque é produzido devido a uma diferença de pressões. Sua principal desvantagem é o peso por unidade de potência, já que, inicialmente toda sua área de captação será constituída de metal causando um grande efeito na sua tendência de rendimento. Esse rotor precisa de aproximadamente 30 vezes mais área para atingira a mesma potência de uma turbina convencional com pás (Hansel, 2001).

Uma das vantagem deste modelo de geração eólica está em não precisar de mecanismos direcionadores, ou seja, que acompanhem mudanças na direção do vento, pois sua forma construtiva aproveita o potencial eólico, mesmo que a direção do vento não seja constante e até mesmo havendo a formação de turbilhões, o que ocorre com frequência em áreas com edifícios, árvores e outros obstáculos, reduzindo assim, complexidade de projeto (Junior, 2016).

A eficiência de uma turbina eólica pode ser definida através do fluxo de energia cinética contida dentro de um tubo de corrente do tamanho do rotor (Fox, 2012). As tendências de eficiência dos diferentes tipos de turbina eólica em relação à razão de velocidade periférica, podem ser identificadas na figura 1.

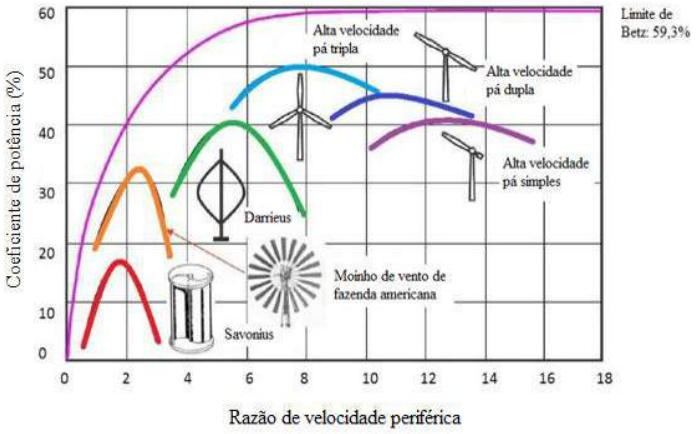



Figura 1. Relação entre o coeficiente de potência e a razão de velocidade periférica para vários tipos de rotores eólicos (Fox, 2012)

Para Fox, Mcdonald e Pritchard, cada tipo de turbina possui uma faixa de aplicação em que é mais eficiente. Sendo assim, não é recomendado em aerogeradores *Savonius* possuir uma alta razão de velocidade periférica.

Os esforços estruturais são geralmente menos intensos do que nas turbinas *Darrieus*. No entanto, a turbina *Savonius* apresenta um rendimento energético mais baixo, equivalente a aproximadamente 15% (Carmo, 2012).

São turbinas que aproveitam a força de resistência aerodinâmica como força motriz para o seu rotor. Em contraste com os outros tipos de turbinas, o rotor é constituído por duas ou mais conchas em vez de pás. O desenho do rotor é relativamente simples, o que torna a fabricação deste tipo de turbina mais econômico do que outros.

Através desta tecnologia, algumas outas possibilidades se apresentam. Explorando o máximo das vantagens do *Savonius*, dentre elas excelente adaptabilidade a baixas correntes de ar, facilidade de manutenção e baixos índices de ruído desenvolvem-se micro geradores, que são unidos em uma única estrutura que pode chegar a pesar 4 toneladas, um demonstrativo da estrutura pode ser observado na figura 2 conjuntamente com a figura 3.

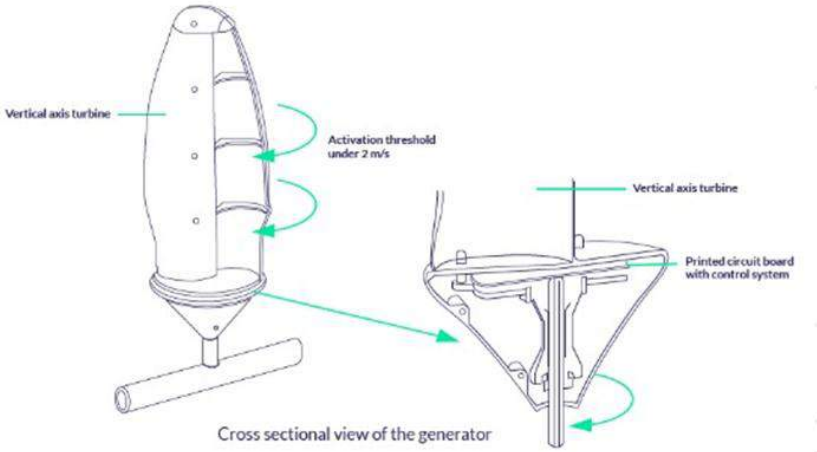



Figura 2. Turbina eólica *L'Eolien* 2.0 desenvolvida pela empresa francesa *New Wind R&D*

Micro geradores empregados neste tipo de geração são equipamentos capazes de gerar energia com baixas pressões, aproveitando recursos naturais de forma sustentável, ou seja, apesar de seu rendimento ser baixo, principalmente quando visto de forma isolada, pode gerar eletricidade com poucas rotações em locais restritos.

Sua estrutura final busca além da eficiência na geração, harmonizar-se com as dependências em que for instalada, misturando-se com uma paisagem de uma forma mais natural. O exemplo representado na figura 3 conta com 63 aero

geradores ocupando um diâmetro de 8 metros e 10 metros de altura e possuindo uma capacidade instalada estimada de 2400 kWh (NewWind, 2017).

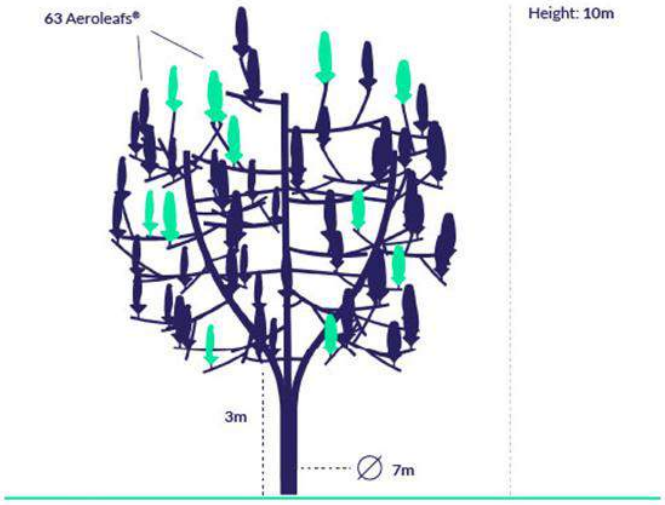



Figura 3. *Wind Tree* especificações do fabricante (NewWind, 2017)

Cada aero gerador tem aproximadamente 70 centímetros de altura e é feito de PVC, o que lhe permite uma maior resistência as intempéries climáticas, elevando sua expectativa de funcionamento em até 25 anos. Assim com algum investimento, que já está se difundindo na Europa, ter-se-ia nas cidades ou mesmo em espaços privados uma forma limpa e renovável de geração de energia (NewWind, 2017).

## 4. CONCLUSÃO

Atualmente, a forma do governo incentivar estas novas tecnologias de geração de energia elétrica são mais voltadas as empresas, pois consegue-se benefícios fiscais por terem participação em programas de sustentabilidade, além da intensificação nas punições para empresas que desrespeitam as leis ambientais.

Conclui-se que este método de geração é uma alternativa viável, não apenas para empresas, mas também para o próprio poder público. Pode ser implementada em parques e praças, misturando-se com as decorações existentes, em regiões agrícolas em que se pode aumentar a robustez do sistema de geração atual por ter-se áreas maiores e em terrenos públicos desocupados, utilizando a energia gerada para ser empregada na iluminação pública, ou simplesmente diminuir o custo da energia para as pessoas em geral. As aplicações são inúmeras e os benefícios também.

## 5. BIBLIOGRAFIA

Amarante, O. A. C., Zack, J., Brower, M. e Sá, A. L. 2001, “Atlas do Potencial Eólico Brasileiro”, Brasília.

Carmo, D. M. F. G. M. 2012, “Projeto de uma turbina eólica de eixo vertical para aplicação em meio urbano”, dissertação de mestrado, Universidade Técnica de Lisboa.

Fox, Pritchard, McDonald, 2012 “INTRODUÇÃO À MECÂNICA DOS FLUIDOS”, 8ª edição.

Junior, F. M. B. J, 2016 “Projeto de um aerogerador vertical de pequeno porte para aplicação em habitações populares em centros urbanos”, Rio de Janeiro.

Hansel L. H. et al. 2001 “Conceptual survey of Generators and Power Electronics for Wind Turbines”. Roskilde: Riso National Laboratory.

NewWind < http://www.newwind.fr> acesso em: 04/07/2017.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CÉLULA A COMBUSTÍVEL APLICADA À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

**Anderson José Balbino**
Instituto de Eletrônica de Potência, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC – Florianópolis.
andersonjbalbino@hotmail.com.

**Tainara Volan**
Universidade Regional Integrada do Alto Uriguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner. Erechim, RS.
tainaravolan@gmail.com.

***Resumo.*** *Este artigo tem como objetivo caracterizar o princípio de funcionamento das células a combustível, bem como realizar o dimensionamento de um sistema de processamento de energia para aplicação em um sistema de microgeração interligado à rede elétrica. Aplica-se a configuração de três conversores Forward com entradas conectadas em paralelo e saídas em série para permitir o compartilhamento da corrente de entrada entre todos os conversores, além de possibilitar a soma das tensões de saída, haja vista o baixo nível de tensão disponibilizada pela célula e elevada potência fornecida. Em advento de o conversor ser conectado ao sistema de microgeração através de um barramento CC regulado, uma malha para controle da tensão de saída é implementada. Ademais, a corrente de saída da célula a combustível também é controlada, a fim de evitar ondulações prejudiciais ao dispositivo. Por fim, apresentam-se resultados de simulação para avaliar o comportamento do sistema.*

***Palavras-chave:*** *Célula a combustível, sistema de microgeração, conversor Forward.*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a utilização de fontes renováveis para geração de eletricidade tem, cada vez mais, ganhado espaço na substituição parcial das fontes tradicionais. Dentre os principais fatores que impulsionam tal mudança, a redução de custos, incentivos fiscais e governamentais e, por fim, as questões ambientais (SCHMITZ, 2013).

Frente à uma vasta gama de possibilidades de geração a partir de fontes renováveis, a aplicação do elemento mais abundante no universo como fonte de energia elétrica, o hidrogênio, tornou-se possível a partir do surgimento das células a combustível. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo estudar o princípio de funcionamento das células a combustível, para o posterior dimensionamento, controle e simulação de um estágio de processamento eletrônico de energia aplicado em um sistema de microgeração interligado à rede elétrica.

## 2. CÉLULAS A COMBUSTÍVEL

De forma geral, pode-se dizer que as células a combustível (*Fuel Cell* - FC) são dispositivos eletroquímicos que produzem eletricidade, água e calor a partir da combinação de oxigênio e hidrogênio. Diferentemente dos motores a combustão interna, o combustível não é queimado, tornando o processo silencioso, livre de poluição e mais eficiente (COELHO, 2013).

De acordo com a Fuel (2018), o princípio de funcionamento das células a combustível é similar ao das baterias, uma vez que ambas convertem energia química em elétrica, sendo o calor um subproduto do processo. Entretanto, a diferença está no fato de que as células a combustível operam por meio do emprego de suprimento externo de energia química, enquanto que as baterias, ao serem esgotadas, devem ser descartadas ou recarregadas por meio de uma fonte externa de energia elétrica, com o objetivo de conduzir a reação eletroquímica na direção inversa.

Evidentemente, devido ao fato de as células a combustível serem caracterizadas por fornecerem corrente contínua, baixos níveis de tensão e baixa regulação (NOVAES, 2006), na maior parte das aplicações torna-se necessário processar a energia gerada, adequando-a para realizar a alimentação de cargas.

Desse modo, o dimensionamento do estágio de processamento, contudo, depende dos níveis gerados de tensão, corrente e potência. Sendo assim, a próxima etapa a ser estabelecida consiste na caracterização do comportamento elétrico das células a combustível.

### 2.1 Caracterização Elétrica das Células a Combustível

O princípio de funcionamento de uma célula a combustível baseia-se nos conceitos básicos de eletroquímica: a célula é composta por dois eletrodos (anodo de catodo), os quais são separados por um eletrólito que possui como característica a boa condutividade de cargas positivas, entretanto, isolante elétrico (FUEL, 2018).

A molécula de hidrogênio, ao ser aplicada ao anodo, é separada em prótons e elétrons. Enquanto os prótons são conduzidos pelo eletrólito (bom condutor iônico), os elétrons são desviados externamente através da carga conectada, produzindo assim trabalho elétrico. Por outro lado, no catodo, prótons e elétrons unem-se à molécula de oxigênio, extraída do ar, formando água (SPIEGEL, 2008). Do mesmo modo, a reação, por ser exotérmica, ocorre com liberação de calor (COELHO, 2013). A compreensão do processo eletroquímico pode ser realizada mediante a Fig. 1.

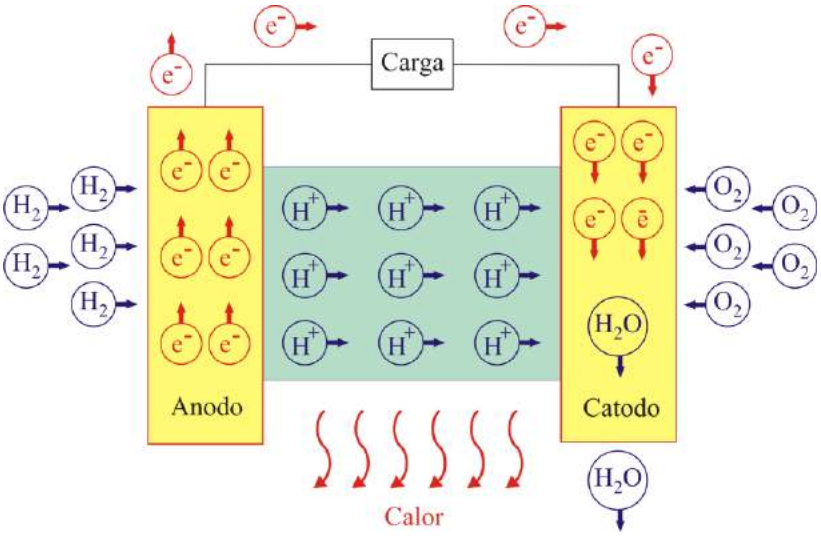



Figura 1. Princípio de funcionamento de uma célula a combustível *PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell).*

De modo geral, a tensão produzida por uma *PEMFC* relaciona-se de forma não linear com a corrente. A partir do estudo da curva típica tensão-corrente (V-I), pode-se identificar três regiões distintas de operação, caracterizadas pelo tipo de perda, conforme apresentado na Fig. 2 (LARMINIE, 2003).

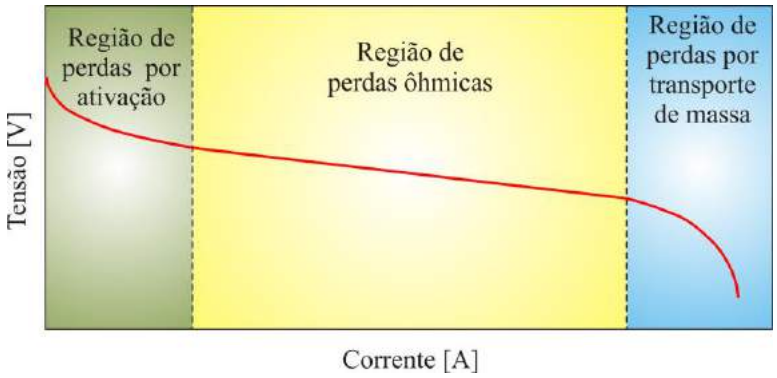



Figura 2. Curva típica de polarização de uma célula a combustível tipo *PEMFC*.

As perdas por ativação estão relacionadas à energia despendida para romper a barreira de ativação da reação química, durante o processo de partida da célula a combustível. Em contrapartida, as perdas por transporte de massa ocorrem devido à mudança de concentração dos reagentes na superfície de cada um dos eletrodos, acarretada pelo aumento da corrente elétrica, implicando em uma queda de tensão acentuada nos terminais da célula a combustível, que pode, inclusive, vir a danificá-la. Finalmente, as perdas ôhmicas são ocasionadas pela resistência à passagem de corrente elétrica pelos eletrodos, bem como pela oposição à passagem dos íons pela membrana (COELHO, 2013).

Embora a Fig. 1 caracterize o funcionamento da célula a combustível do ponto de vista químico, a mesma não descreve seu comportamento estático-dinâmico. A obtenção de um modelo elétrico para tal finalidade, todavia, é complexa, devido ao elevado número de variáveis envolvidas na modelagem (temperatura, pressão, concentração dos gases, dimensões físicas da célula e propriedades químicas dos materiais). Contudo, uma solução apresentada por Larminie (2003) propõe um modelo elétrico equivalente simplificado, tal como representa a Fig. 3. A determinação dos parâmetros relacionados ao modelo é realizada mediante ensaios experimentais, através da interrupção da corrente e medição da resposta transitória associada à tensão entre os terminais da célula.

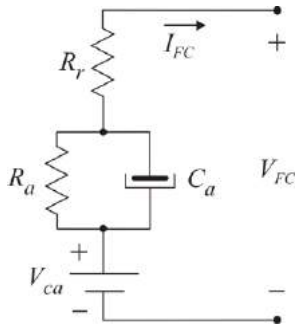



Figura 3. Modelo elétrico equivalente da célula a combustível.

Em Moretti (2007), obtiveram-se os parâmetros do modelo elétrico equivalente da célula a combustível tipo *PEMFC* NEXA, fabricada pela Ballard®, cujas especificações são dadas pela Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros do modelo elétrico equivalente da *PEMFC* NEXA 310-002702.

| Parâmetro | Valor |
|---|---|
| Vca | 41 V |
| Ra | 0,233 Ω |
| Ca | 0,171 F |
| Rr | 0,133 Ω |

No modelo da Figura 3, $V_{ca}$ representa a tensão de circuito aberto nos terminais da célula, $R_a$ e $C_a$ a resistência e capacitância que modelam as perdas por ativação e $R_r$ a resistência que modela as perdas na região ôhmica (COELHO, 2013). Diante das análises realizadas, nota-se que a tensão de saída da célula a combustível varia de acordo com a carga demandada. Desse modo, sua conexão com um barramento CC fica condicionada ao uso de um estágio para processamento da energia gerada, acarretando no sistema proposto da Fig. 4.

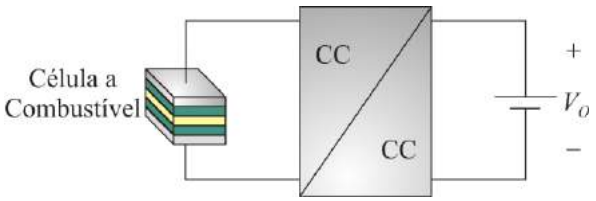



Figura 4. Estágio de processamento de energia gerada pela célula a combustível.

## 3. ESPECIFICAÇÃO, PROJETO E CONTROLE DO ESTÁGIO DE PROCESSAMENTO DA ENERGIA GERADA PELA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

De acordo com as especificações do fabricante, a tensão de operação da *PEMFC* pode se estabelecer entre 26 *V* e 43 *V* (NEXA, 2003). No entanto, com o propósito de garantir que a célula a combustível opere fora da região de perdas por transporte de massa, a máxima corrente drenada do dispositivo ($I_{FCmax}$) será limitada em 30 *A*. Tal condição de projeto estabelece uma tensão mínima de operação ($V_{FCmin}$) não inferior a 30 *V*. Do mesmo modo, define-se que a tensão do barramento CC (Vo) será igual a 210 V.

Verifica-se que, para alcançar as condições estabelecidas, o conversor a ser utilizado deve apresentar ganho estático elevado. Ademais, devido ao fato de a corrente de entrada ser elevada (30 *A*), torna-se interessante a aplicação de um conversor que permita compartilhá-la entre tantos interruptores quanto necessários, visando assim diminuir os esforços nos componentes individuais. Com base em tais condições, optou-se pelo emprego de três conversores CC-CC *Forward* com entradas em paralelo e saídas em série, cujo modelo elétrico é apresentado na Fig. 5. Para reduzir o tempo de simulação computacional do sistema, será implementado o modelo médio de grandes sinais do conversor CC-CC *Forward* na Seção 4, a qual contempla os resultados de simulação obtidos.

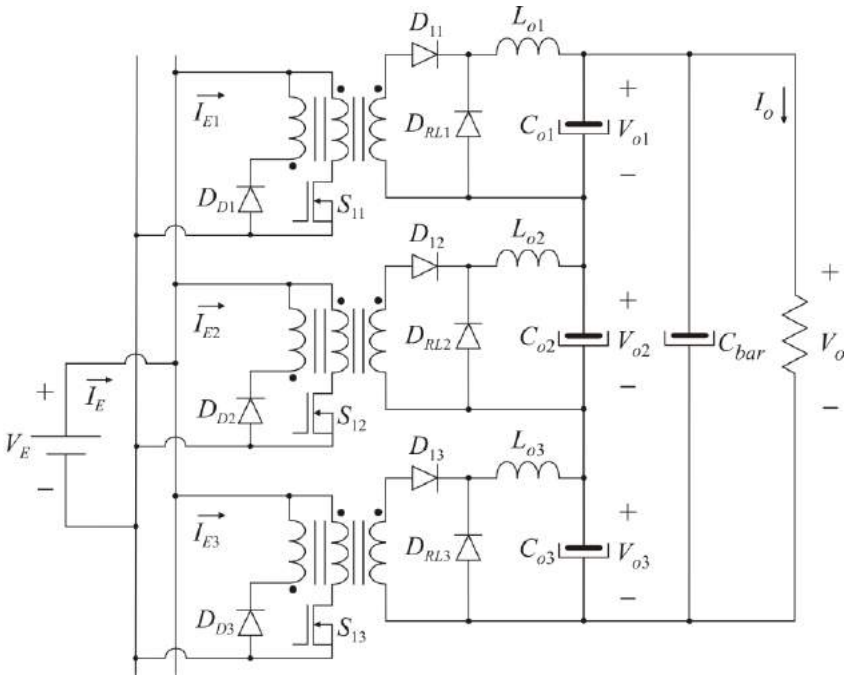



Figura 5. Conversor destinado ao processamento da energia proveniente da célula a combustível.

De acordo com o fabricante da célula a combustível, a máxima ondulação de corrente pico a pico permitida nesse dispositivo não deve ultrapassar 35% do valor médio (10 *A* em carga nominal), na frequência de 120 *Hz* (NEXA, 2003). Dessa maneira, o emprego de um conversor com entrada em fonte de tensão torna-se inadequado, sendo necessário a utilização de algum tipo de filtragem. Para tal, será implementado um filtro LC que, uma vez inserido no sistema, reduz a amplitude das ondulações de alta frequência na corrente fornecida pela célula a combustível (SCHMITZ, 2013). Como consequência da adição do filtro LC, obtém-se a Fig. 6.

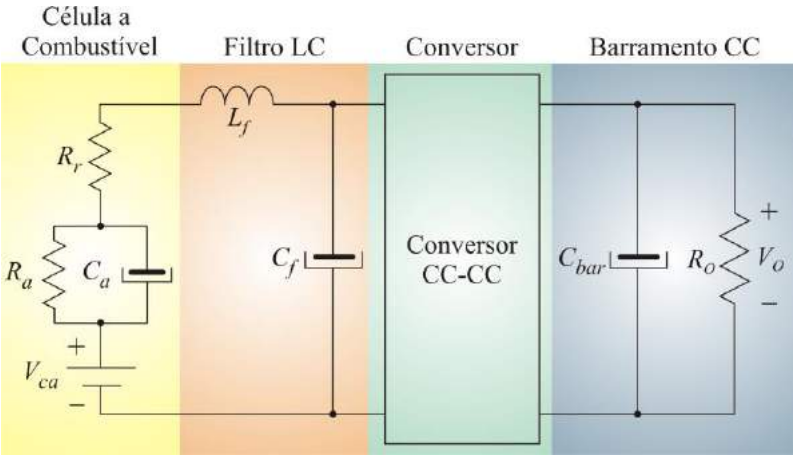



Figura 6. Representação do sistema interligado ao barramento CC com inclusão do modelo da célula e filtro LC.

### 3.1 Estratégia de controle

A estratégia empregada no sistema tem como intuito regular a tensão do barramento CC no valor de projeto, bem como o controle da corrente fornecida pela célula a combustível, de modo a evitar possíveis ondulações destrutivas ao dispositivo e garantir sua operação fora da região de perdas por transporte de massa.

Algumas condições restringem o modo de operação da célula a combustível sem que a mesma seja danificada (NEXA, 2003). Em consequência de tais restrições, a estratégia de controle será estabelecida de acordo com os seguintes critérios (COELHO, 2013):

- A célula a combustível será colocada no modo de espera somente quando a rede elétrica falhar;
- O uso contínuo da célula a combustível está condicionada ao tempo de ausência da rede elétrica, medido, nos piores casos, na escala de horas;

- A utilização da célula a combustível na região de perdas por transporte de massa será evitada mediante a limitação da razão cíclica do conversor;
- O sinal de comando para ativação da célula a combustível será liberado a partir do momento em que a tensão do barramento CC tornar-se inferior a 205 *V*.

Ressalta-se que, devido à necessidade de controle de duas variáveis, serão empregadas duas malhas: uma para controle da corrente gerada pela célula (rápida) e outra para controle da tensão do barramento CC (lenta), tal como ilustrado na Fig. 7.

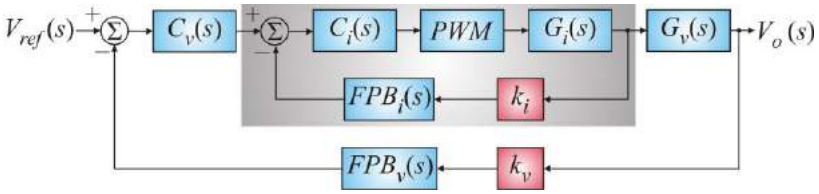



Figura 7. Malhas para controle da corrente no indutor e tensão de saída.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção tem como objetivo apresentar as simulações obtidas a partir do modelo médio de grandes sinais do conversor aplicado ao processamento da energia gerada pela célula a combustível. O circuito de simulação, implementado no *software* PSIM, é ilustrado na Fig. 8.

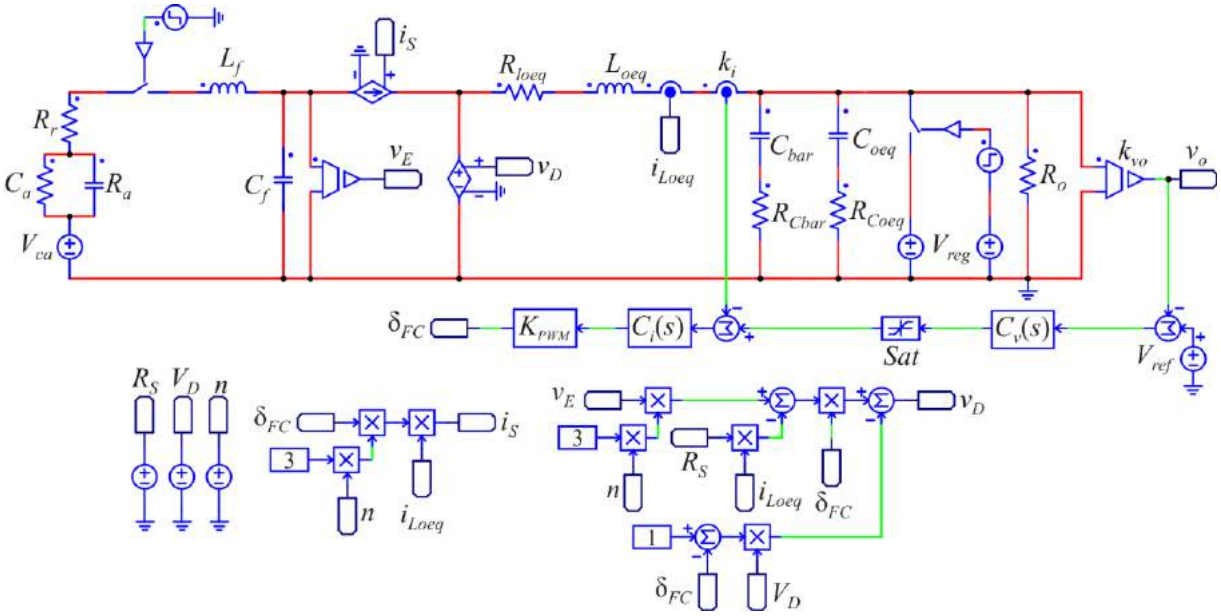



Figura 8. Circuito desenvolvido para simulação da estratégia de controle aplicada à célula a combustível e conversor.

Durante a realização das simulações da Fig. 9 dois cenários foram considerados: no primeiro intervalo de tempo ($t$<0,22 *s*), a tensão do barramento CC mantém-se regulada em 210 *V* por meio da fonte de tensão *Vreg* conectada ao mesmo. Verifica-se, nesse período de operação, que a célula a combustível não fornece potência ao sistema. No segundo cenário ($t \geq 0{,}22$ *s*), com o objetivo de emular uma queda da rede elétrica, retirou-se a fonte de tensão *Vreg* e, no mesmo instante, inicia-se o modo de *standby* da célula a combustível. Nesse cenário, a tensão do barramento CC decai, sendo o banco de supercapacitores (*Cbar*) responsável por suprir a demanda energética da carga.

Após a tensão do barramento CC alcançar o nível mínimo de 205 *V*, a célula a combustível entra em operação, fornecendo potência máxima ao barramento CC até que sua tensão normalize em 210 *V*. Na sequência, a potência gerada pela célula a combustível iguala-se à consumida pela carga (900 *W*) somada das perdas do circuito, de modo a manter a tensão estabilizada.

Salienta-se que o saturador incluído no circuito de realimentação da Fig. 8 limita a ação de controle do compensador de tensão, a qual coincide com a referência de corrente do indutor. Esse critério de projeto limita a faixa operação da célula a combustível dentro de suas condições nominais, evitando assim que venha a trabalhar na região de perdas por transporte de massa (perdas acentuadas).

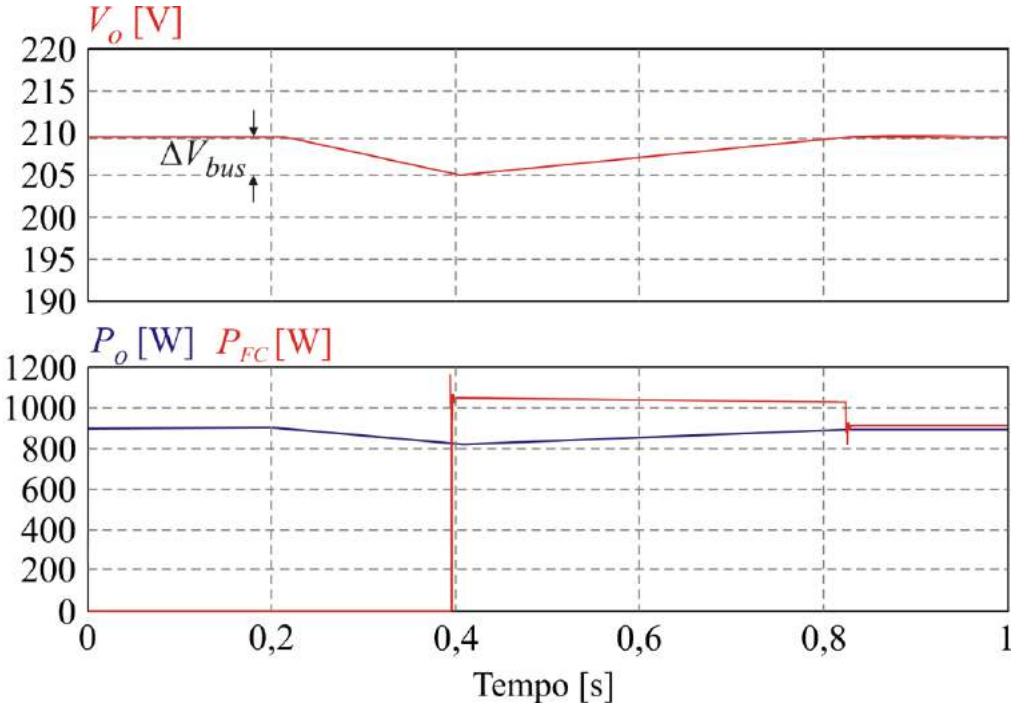



Figura 9. Resultados de simulação para validação das estratégias de controle aplicadas ao sistema proposto.

## 5. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo o estudo do princípio de funcionamento das células a combustível, bem como o dimensionamento e simulação de um estágio de processamento de energia aplicado ao dispositivo eletroquímico. Por meio da análise do comportamento estático-dinâmico da célula a combustível *PEMFC* NEXA 310-002702, examinou-se a necessidade de emprego de um conversor estático que operasse com elevado ganho estático e possibilitasse o compartilhamento da corrente de entrada, com o objetivo de reduzir os esforços de corrente no interruptor de entrada. Ambas as características foram atendidas com a utilização de três conversores *Forward* com entradas conectadas em paralelo e saídas em série.

Além disso, as características de operação da célula a combustível, informadas pelo fabricante, foram consideradas na elaboração da estratégia de controle. Ademais, utilizaram-se duas malhas de controle, proporcionando a regulação da tensão do barramento CC e controle da corrente fornecida pela célula a combustível. Por fim, através de resultados de simulação computacional, validou-se a estratégia de controle aplicada ao sistema de processamento de energia da célula a combustível, com o fornecimento de potência à carga durante a falta da rede elétrica.

## 6. REFERÊNCIAS

Coelho, R. F., 2013. “Concepção, análise e implementação de uma microrrede interligada a rede elétrica para alimentação ininterrupta de cargas CC a partir de fontes renováveis”. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica — Universidade Federal de Santa Catarina.

Fuel Cell Today. 2018. Disponível em: <www.fuelcelltoday.com/about-fuel-cells>.

Novaes, Y. R. de., 2006. “Contribuição para sistemas de processamento de energia de células a combustível”. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica — Universidade Federal de Santa Catarina.

Larminie, A. D. J., 2003. *Fuel Cell Systems Explained*. 2. ed. [S.l.]: J. Wiley.

Nexa Power Module User’s Manual. [S.l.], 2003.

Spiegel, C., 2008. *PEM fuel cell modeling and simulation using Matlab*. 1. ed. [S.l.]: Elsevier.

Moretti, R. d. S., 2007. “Estudo e implementação de um conversor CC-CC-baseado no inversor z-source-alimentado por células a combustível”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica — Universidade Federal de Santa Catarina.

Schmitz, L., 2013. “Estágio de processamento da energia gerada a partir de células a combustível para aplicação em um sistema de microgeração interligado á rede elétrica comercial”. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica — Universidade Federal de Santa Catarina.

## 7. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia Elétrica:

# Sistemas Elétricos de Potência

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ENERGIA EÓLICA OFFSHORE: UM NOVO CONCEITO DE GERAÇÃO

**Gabriel Kalinoski de Almeida**
**Jean Michel Brondani**
**Julciano Marmentini**
**Ricardo Arpini Souza**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Erechim, RS, Brasil

E-mail: gabrielkalmeida@hotmail.com; jean.bron.dani@hotmail.com; julciano95@gmail.com; ricardoarpini@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este trabalho tem como objetivo demonstrar um sistema de geração eólica desde os primórdios até chegar em geração offshore. Procurando transformar energia cinética em energia elétrica, primeiramente por força braçal, animal, cursos de água, até chegar em energia dos* ventos, *pode-se observar que a energia eólica vem sendo utilizada desde 200 A.C., com o passar do tempo, ela só veio a evoluir. Estudos devido a delimitação de terras, principalmente em países pequenos, incentivaram a busca por um novo método de geração, vendo nos mares um grande potencial eólico, foi desenvolvida a geração offshore, apresentando suas vantagens e desvantagens.*

***Palavras-chave:*** *energia, eólica, geração, offshore, turbina, renováveis.*

## 1. INTRODUÇÃO

Uma nova tecnologia em desenvolvimento de energia eólica está ganhando espaço nos parques de geração de energia, esta nova tendência é chamada de geração offshore. As turbinas instaladas em parques eólicos offshore, são turbinas menos invasivas que as turbinas em terra, assim seu ruído é minimizado pelas distâncias entre parque eólico e cidades (TAVARES, 2010). Esta área vem sendo estudada desde a década de 70, pelo professor Willian Heronemus do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, e no ano de 1991 foi montado o primeiro parque eólico offshore, na costa da Dinamarca, em Vindeby, com uma potência de 11MW composta de 11 turbinas (PINTO, 2017).

## 2. METODOLOGIA

O presente artigo foi baseado em pesquisas bibliográficas realizadas sobre os diversos métodos de geração de energia renovável. Durante o estudo foi despertada uma curiosidade maior em relação a energia eólica, por ser algo inovador e também pelo fato de conseguir gerar energia em locais com pouca área de terra e localizados próximos ao mar.

Como mencionado acima, os próximos tópicos foram todos baseados em pesquisas de diversos livros e artigos, explicando desde o inicio da história da energia eólica até o conceito de geração offshore. Caracterizando este estudo como uma revisão bibliográfica.

### 2.1 HISTÓRIA DA ENERGIA EÓLICA

Com a evolução na agricultura, o homem teve cada vez mais necessidade de ferramentas que o auxiliassem nas mais variadas atividades do seu dia a dia. Tarefas como bombeamento de água, moagem de grãos, no qual exigiam cada vez mais esforço braçal e animal. Buscando suprir tamanho esforço, foi desenvolvido de uma força primitiva de moinhos de vento, utilizando no beneficiamento de produtos agrícolas, que possuía um eixo vertical acionado por uma longa haste, a qual era movida por homens ou animais (DUTRA, 2008).

Ao longo do tempo, esse sistema foi sendo aperfeiçoado com a utilização de cursos d'agua como força motriz surgindo assim as rodas d'agua. Porem como não dispunha de rios em todos os locais para a utilização de rodas d'agua, foi perceptível a utilização dos ventos como forma alternativa de força motriz, substituindo a força braçal e animal. (DUTRA, 2008)

Registros históricos da utilização de energia eólica é proveniente da Pérsia, por volta de 200 A.C., para bombeamento de água e moagem de grãos através de cata ventos. Na Holanda, entre os séculos XVII a XIX, foi utilizado moinhos de vento em grande escala, para a drenagem de terras cobertas pelas águas (SHEFHERD, 1994).

Durante o século XX, iniciou-se um estudo para maximizar o aproveitamento do potencial da geração de energia eólica. No final do século XIX, no ano de 1888, Charles F. Bruch iniciou o processo de adaptação dos cata ventos para geração de energia elétrica. Este primeiro cata vento fornecia 12kW em corrente continua, para o carregamento de baterias destinadas ao fornecimento de energia a lâmpadas incandescentes (SHEFHERD, 1994).

Os países procurando uma alternativa para minimizar a utilização de combustíveis fósseis, no período da segunda guerra mundial, contribuíram para o desenvolvimento de aero geradores de médio e grande porte (SHEFHERD, 1994). Nesse período a Dinamarca foi o país que apresentou o maior crescimento de utilização de energia eólica durante a segunda guerra mundial (DIVONE, 1994).

Em 1956 Johannes Juul, projetou um aero gerador de 200kW com 24m de diâmetro, este sistema forneceu energia em corrente alternada para a companhia de energia elétrica. Já entre os anos de 1955 e 1968, a Alemanha construiu um aerogerador com a maior quantidade de inovações na época, esse aero gerador possuía 34 metros de diâmetro e a ventos de 8m/s conseguia gerar 100kW de potência (DIVONE, 1994).

## 2.2 A ORIGEM DOS VENTOS

A energia eólica é proveniente dos ventos, que são gerados pelo aquecimento diferenciado da atmosfera, este aquecimento quem nos fornece é o Sol, o não aquecimento uniforme da atmosfera, entre outros fatores, como o movimento da terra contribui para a formação do mesmo (DUTRA, 2008).

Nas regiões próximas a linha do Equador, tem uma incidência maior de raios solares em comparação a outras regiões nas extremidades do planeta. Consequentemente, o ar aquecido encontrado nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir, sendo substituída por uma massa de ar fria que se desloca das regiões polares, esta troca de massa de ar determina a formação dos ventos (DUTRA, 2008).

No globo terrestre existem locais nos quais os ventos jamais param de circular, como pode ser visto na Figura 1, pois o mecanismo que os geram (aquecimento na linha do equador e resfriamento nos polos do planeta) está sempre disponível na natureza. Esses ventos são chamados de ventos planetários ou constantes, que podem ser classificados: Alísios, Contra-Alísios, Ventos do Oeste e Polares (DUTRA, 2008)

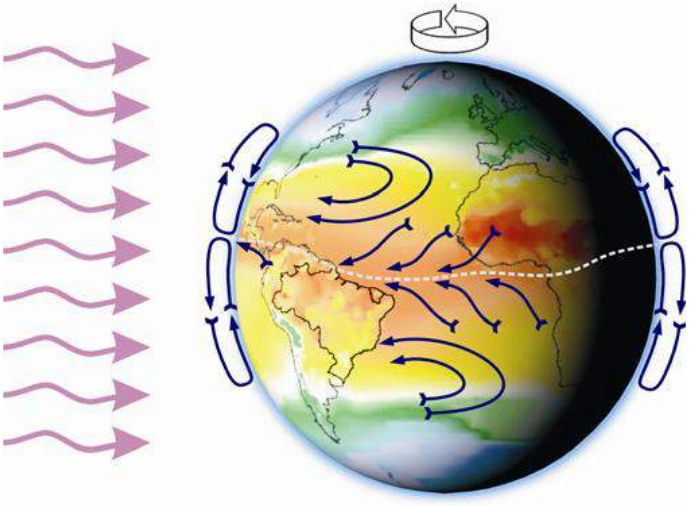


Figura 1 – Formação dos ventos (CEPEL, 2001)

## 3. RESULTADO

Os estudos demonstram que existe potencial para se obter 30% mais energia do vento em mar do que em terra, pois os ventos oceânicos são de 5% a 10% mais fortes (STRÄNGBERG, 2017).

Dentro das energias renováveis, a área de geração de energia eólica offshore é a que apresenta um maior potencial de crescimento, em comparação aos outros métodos de geração de energia renovável.

As instalações offshore, como pode ser vista na Figura 2, representam uma nova tecnologia da utilização de energia eólica, apesar de suas instalações apresentarem um custo maior no transporte, na instalação e manutenção, estas instalações têm crescido principalmente com o esgotamento de áreas de potencial eólico em terra (DUTRA, 2008).

Figura 2 – Parque eólico offshore (STRÄNGBERG, 2017).

As vantagens da geração eólica offshore é o seu potencial eólico mais elevado, com menor turbulência, disponibilidades de áreas não exploradas, assim como menor resistência da população contra a instalação e por ser no mar, a limitação de espaço é praticamente infinita, apesar de possuir como desvantagens a instalação e manutenção mais sofisticada. Dentro das energias renováveis, a energia eólica offshore é a que apresenta maior crescimento (ESTANQUEIRO, 2017).

## 4. CONCLUSÃO

Atualmente, tem-se notado a nível mundial um constante aumento nos estudos na área de geração de energias renováveis. Como pode-se observar, a exploração massiva em terra tem contribuído para a diminuição de locais com potencial eólico interessante para a implantação de parques eólicos, devido as limitações de faixas de terra, cada vez mais escassas, assim iniciou-se estudos para a implantação de parques eólicos offshore.

Perante o que podemos observar sobre as energias renováveis, notamos que a energia eólica offshore tem um grande potencial ainda a ser explorado, devido a alguns estudos que viabilizam a construção de parques eólicos que utilizam desta tecnologia.

Com o tempo essa nova forma de geração irá baixar seu custo de implementação, assim será mais explorada, desta forma aumentando sua área de implantação, que contribuirá para geração de energia renovável nos países no qual possui pouca área para geração de energia em terra, contribuindo como um todo para a diminuição de geração de energia que utilizam fontes não renováveis.

## 5. REFERÊNCIAS

AMARANTE, O.A.C.; Brower, M.; Zack, J & Sá, A.L.; 2008, **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**, Ministério de Minas e Energia - Brasília, Brasil.

CEPEL, 2001. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Ed. CEPEL, Rio de Janeiro, RJ.

COSTA, Karen Maia. **REUTILIZAÇÃO DE PLATAFORMAS FIXAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE**. [Sol.: s.n.], 2018. 14 p.

DIVONE, L.V.,1994, **"Evolution of Modern Wind Turbines". In Wind Turbine Technology – Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering**, SPERA, S.A, (ed), 1 ed. New York, ASME Press, pp 73-138.

DUTRA, Ricardo Marques. **ENERGIA EÓLICA PRINCÍPIOS E TECNOLOGIAS**. [Sol.: s.n.], 2008. 3 p.

ESTANQUEIRO, Ana. **Energia Eólica Offshore**. [Sol.: s.n.], 2017. 2 p.

PINTO, Milton. **ENERGIA EÓLICA OFFSHORE**. [Sol.: s.n.], 2017. 3 p.

SHEFHERD, D.G.,1994, **"Historical Development of the Windmill". In Wind Turbine Technology – Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering**, SPERA, S.A, (ed), 1 ed. New York, ASME Press, pp 1-46.

STRÄNGBERG, Gabriel. **The future of offshore wind**. [Sol.: s.n.], 2017. 1 p.

TAVARES, Bruno José Lopes. **Parques Eólicos Offshore: Estudo de soluções de interligação do tipo HVAC e HVDC**. 2010. 19 p. Dissertação (Engenharia Electrotécnica)- FEUP, [Sol.], 2010.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DE CONVERSORES ESTÁTICOS CC-CC BUCK E BOOST EM SISTEMAS FOTOVOLTÁICOS, UTILZANDO MÉTODOS DE RASTREAMENTO DE MÁXIMA POTÊNCIA

**Lucas Engel**
**Adilson Luis Stankiewicz**
Engenharia Elétrica, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, Bairro Demoliner, Erechim-RS.
glucas.engel@gmail.com; adilsonluis@uricer.edu.br

**Anderson José Balbino**
Instituto de Eletrônica de Potência, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC-Florianópolis, Bairro Trindade, Florianópolis-SC
andersonjbalbino@hotmail.com

**Deividi Zaions**
Grupo WTEC, Bairro Industrial, Erechim-RS.
deividizaions@hotmail.com

***Resumo.*** *Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de protótipos dos conversores CC-CC de energia elétrica Buck e Boost aplicáveis as técnicas de rastreamento de máxima potência (MPPT) Perturba e Observa (P&O), Temperatura e Condutância Incremental (InCond). Realiza-se a coleta dos sinais de tensão e corrente na entrada e saída dos conversores conectados ao módulo fotovoltaico de 140 W modelo KD-140SX, em situações de irradição e temperatura semelhantes para ambos os conversores. Após a análise das curvas I x V obtidas com o modelo equivalente de diodo único, através do software de simulações matemáticas MATLAB, compara-se a eficiência do conversor com cada método buscando encontrar o conjunto "conversor - MPPT" que possua um maior rendimento de conversão para aumentar a eficiência do sistema de geração. O melhor rendimento foi obtido com o conversor Boost P&O. Para o conversor Buck, o melhor desempenho foi obtido pelo método da InCond.*

***Palavras chaves:*** *Conversores CC-CC, Rastreamento de Máxima Potência, Energia Fotovoltaica.*

## 1. INTRODUÇÃO

O século XX foi marcado pela utilização de combustíveis fósseis como principal fonte de energia para impulsionar o progresso de nossa sociedade tecnológica. Com os problemas ambientais causados por tal matriz e uma necessidade urgente de minimizar os impactos causados por tais opções, adveio a necessidade de se obter fontes mais "limpas" e renováveis de energia. (Stankiewicz, 2013).

A superfície da Terra recebe anualmente uma quantidade de energia solar, nas formas de luz e calor, suficiente para suprir milhares de vezes as necessidades mundiais durante o mesmo período. Apenas uma pequena parcela dessa energia é aproveitada (Villalva, 2014).

A diminuição do custo dos painéis fotovoltaicos e ao aumento de sua eficiência, faz com que os sistemas de geração de energia fotovoltaica possam ser um dos candidatos comparáveis como fontes de energia elétrica para a humanidade em um futuro próximo (Yu, et al., 2004).

Os sistemas de geração fotovoltaica utilizam controladores de carga (que internamente, possuem conversores CC-CC), para regular a carga na bateria e prolongar a sua vida útil. Alguns modelos possuem a função de aumentar a eficiência do painel fotovoltaico por meio de um recurso denominado MPPT (*Maximum Power Point Tracking* – rastreamento de ponto de máxima potência). Com esse recurso, é possível extrair o máximo de energia do painel, reduzindo efeitos como sombreamento, por exemplo, durante a geração.

Diante disso, este estudo tem como objetivo principal avaliar o conjunto conversores estáticos Buck e Boost e técnicas de rastreamento de ponto de máxima potência (MPPT), visando encontrar o melhor conjunto "conversor - MPPT" para possibilitar o aumento do desempenho do sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica instalado.

## 2. METODOLOGIA

Para maximizar a eficiência do sistema, permitindo que o módulo atue dentro dos limites impostos pelas variáveis não controláveis do ambiente externo, utilizando toda a sua capacidade, esforços são feitos com o objetivo de levar o painel fotovoltaico a trabalhar em seu ponto de máxima potência (Collares, 2012). Este estudo propõe a construção dos conversores Buck e Boost, com a aplicação dos métodos MPPT Perturba e Observa (P&O), Temperatura e Condutância Incremental (InCond). Determinam-se fatores de mérito de desempenho e busca-se o conjunto com melhor eficiência. O sistema descrito pode ser visualizado na figura 1.

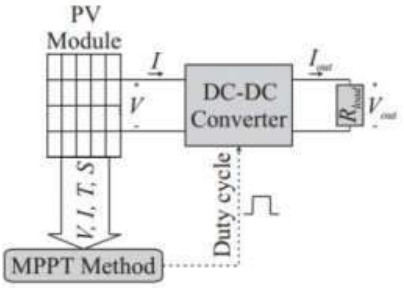



Figura 1. Esquemático de um sistema fotovoltaico com rastreamento de máxima potência (Stankiewicz, 2013).

### 2.1 Modelagem matemática

Analisando o funcionamento experimental de um módulo fotovoltaico, este apresenta característica não-linear em sua curva de tensão versus corrente, a qual depende fortemente da radiação solar e temperatura. Esse comportamento deve-se ao fato da constituição física da célula fotovoltaica, a qual pode ser representada pelos modelos do diodo único e diodo duplo. O modelo do diodo único é o mais utilizado na literatura, devido a sua relação entre precisão e simplicidade (Silva et al., 2015), com seu equivalente elétrico demonstrado na figura 2.

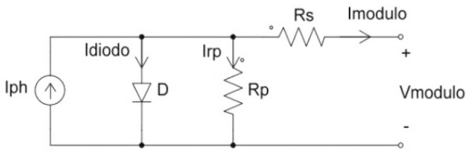



Figura 2. Circuito elétrico equivalente de uma célula fotovoltaica.

O efeito fotoelétrico, que produz uma corrente elétrica é representado por uma fonte de corrente constante $I_{ph}$ na figura 2. A junção *P-N* do silício é modelada como um diodo *D* no circuito elétrico. As grandezas $I_{modulo}$ e $V_{modulo}$ são a corrente e a tensão nos terminais da célula fotovoltaica e $I_{diodo}$ é a corrente aplicada no diodo *D*. Para representar as perdas associadas à célula fotovoltaica real são adicionados resistores $R_p$ representado as perdas internas ou por correntes de fuga e $R_s$ que representa as perdas causadas na queda de tensão nos terminais.

Esse modelo vem sendo aprimorado visando a descrição do módulo fotovoltaico para diferentes condições de temperatura e radiação. Devido aos parâmetros físicos intrínsecos do módulo fotovoltaico não serem fornecidos pelo fabricante, é de suma importância a determinação dos mesmos, tais como: resistência série e paralela equivalentes ($R_s$ e $R_p$), fator de idealidade do dispositivo ($A$) e corrente foto-gerada pela célula ($I_{ph}$). A estimação desses parâmetros desenvolveu-se através da técnica de mínimos quadrados não-lineares pelo método numérico de Gauss-Newton, com base na variação da radiação solar a uma temperatura fixa de 25°C.

Portanto, a corrente de saída de um módulo fotovoltaico pode ser descrita por:

$$I = I_{pv} - I_D - I_{Rp} \tag{1}$$

$$I_{pv} = [I_{sc} + u_I \cdot (T - T_r)] \cdot \frac{S}{S_r} \tag{2}$$

$$I_D = \left[\frac{I_{sc} + u_I \cdot (T - T_r)}{e^{\frac{V_{oc}+u_V\cdot(T-T_r)\cdot q}{A\cdot k\cdot T\cdot n_S}} - 1}\right] \cdot \left[e^{\frac{q\cdot[V+R_S\cdot I]}{A\cdot k\cdot T\cdot n_S}} - 1\right] \quad (3)$$

$$I_{Rp} = \frac{V + R_s \cdot I}{R_p} \quad (4)$$

**2.2 Técnicas de rastreamento de máxima potência (MPPT)**

Apesar de todas as vantagens da implantação da geração de energia fotovoltaica, o custo inicial ainda é elevado e a eficiência de conversão da radiação solar em energia elétrica é baixa. Em consequência, é necessária a utilização de sistemas que retirem sempre a máxima potência disponível do módulo fotovoltaico para tais condições de temperatura e radiação, obtendo-se a máxima eficiência.

A utilização das técnicas de rastreamento apresentadas neste estudo, estão baseadas na proposta de baixar o custo de um possível produto a ser comercializado. Todo o esforço para se concretizar essa afirmação anterior se resume em retirar alguns sensores normalmente utilizados em projetos de MPPT's de geradores, que normalmente, são componentes caros (Coelho, 2009).

Visando a determinação do MPP, três técnicas serão propostas: Perturba e Observa (P&O), Temperatura, Condutância Incremental (InCond). As técnicas foram selecionadas por terem lógicas distintas, facilidade de implementação, número reduzido de sensores e aplicação comercial dos algoritmos.

**2.2.1 Perturba e Observa (P&O)**

Existem vários modelos de algoritmos de P&O, e todos operam perturbando periodicamente (isto é, incrementando ou diminuindo) a tensão de terminal do arranjo, comparando a potência de saída do PV com a do ciclo de perturbação anterior. Se a tensão de operação mudar e a potência aumentar ($dP / dVPV > 0$), o sistema de controle move o ponto de operação do arranjo fotovoltaico naquela direção; Caso contrário, o ponto de operação é movido na direção oposta. (Dolara, et al., 2009).

**2.2.2 Temperatura**

Este método utiliza um sensor de tensão e outro de temperatura. A tensão de máxima potência ($V_{mp}$) se relaciona proporcionalmente com a temperatura do painel através da Eq. (5) (Stankiewicz, 2013).

$$Vmp(T) = Vmp(Tref) + \mu Vmp(T - Tref) \quad (5)$$

Sendo $\mu V_{mp}$ o coeficiente de temperatura indicado pelo fabricante do módulo.

O método inicia lendo a tensão e a temperatura do módulo. Através da temperatura, lança-se o valor na Eq. (5) e obtêm-se $V_{mp}$. Em seguida determina-se a diferença entre a tensão atual do sistema e a tensão $V_{mp}$ obtida anteriormente. Com base na diferença, o algoritmo escolhe o passo de alteração da razão cíclica com o objetivo de otimizar a velocidade de convergência ao MPP (Stankiewicz, 2013).

**2.2.3 Condutância Incremental (InCond)**

Este é baseado no fato de que a inclinação da curva de potência do módulo fotovoltaico é nula no MPP, ou seja, $dP/dV = 0$, positiva à esquerda e negativa à direita. Este método busca o MPP da mesma forma que o método P&O (Brito, 2010). Tanto no método da Condutância Incremental quanto no Perturba e Observa, a velocidade em que o MPP é encontrado dependerá do valor do incremento da tensão de referência. No método da Condutância Incremental, embora utilizem-se sensores de tensão e corrente, a potência não é calculada. A análise do método baseia-se na inclinação da curva P – V (Stankiewicz, 2013).

**2.3 Conversores de energia elétrica CC-CC**

Os conversores CC-CC são utilizados quando a fonte de alimentação disponível é de corrente contínua, cuja

função é alimentar uma carga que necessita de alimentação CC ajustável (Arrabaça, 2014). Basicamente, é um circuito eletrônico que, a partir de técnicas de chaveamento de dispositivos semicondutores de potência, converte diferentes níveis de tensão CC em uma saída regulada. Dentre as diversas topologias de conversores CC-CC não isolados encontradas na literatura (CUK, SEPIC, ZETA, Buck, Boost e Buck-Boost), somente os conversores Buck e Boost serão abordados, os quais possuem um indutor e um capacitor como elementos armazenadores de energia. O conversor Buck é conhecido como abaixador de tensão, uma vez que produz um valor médio de tensão na carga, abaixo ao valor médio de tensão na entrada. Similarmente, o conversor Boost é denominado elevador de tensão e fornece uma tensão de saída maior em relação a tensão de entrada (Martins; Barbi, 2011). Estes conversores foram selecionados por sua simplicidade, robustez e facilidade de integração com sistemas fotovoltaicos, bem como com métodos de controle.

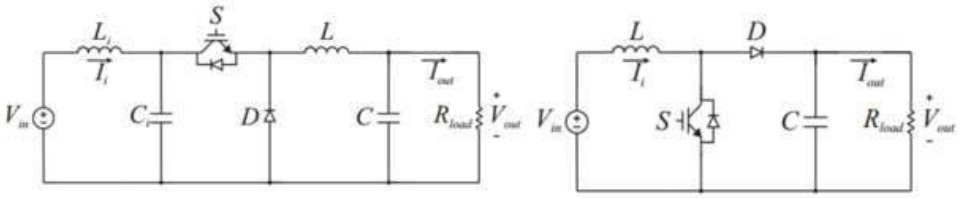



Figura 3. Conversores de energia elétrica CC-CC (a) Buck e (b) Boost (Hart 2011).

**2.4 Parâmetros de projeto**

Baseou-se em Mohan, Undeland e Robbins (2003) e Martins e Barbi (2006) para o projeto dos conversores Buck e Boost, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de projeto dos conversores Buck e Boost.

| Grandeza | Buck | Boost |
|---|---|---|
| Potência de entrada ($P_{in}$) | $100\ W$ | $100\ W$ |
| Tensão de entrada ($V_{in}$) | $12 - 24\ V$ | $14 - 28\ V$ |
| Tensão de entrada ($V_{out}$) | $12\ V$ | $28\ V$ |
| Frequência de chaveamento ($f_s$) | $30\ kHz$ | $30\ kHz$ |
| $L_i, C_i$ | $24{,}77\ \mu H, 470\ \mu F$ | – |
| $L, C$ | $240\ \mu H, 470\ \mu F$ | $653{,}3\ \mu H, 470\ \mu F$ |
| Resistência de carga ($R_{mpp}$) | $1{,}04\ \Omega$ | $5{,}6\ \Omega$ |

Desenvolveu-se uma bancada experimental para realizar os testes e medidas (Figura 4). Utilizaram-se dois osciloscópios Tektronix MSO2014B para coletar os sinais dos sensores de tensão, corrente e irradiação solar.

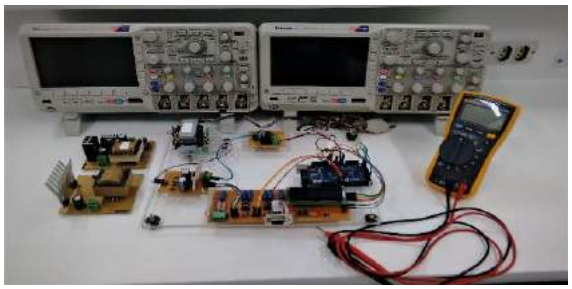


Figura 4. Bancada experimental

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conectou-se a bancada experimental de testes ao módulo fotovoltaico KD 140SX das 13:00 até 15:30 em 21/07/2018. Durante os testes, a irradiação solar ($S_{avg}$) apresentou um comportamento constante com uma temperatura estabilizada ($T_{avg}$). Apresenta-se nas figuras 5 e 6 as medições das técnicas de rastreamento nos conversores Buck e Boost respectivamente. O tempo de amostragem é de 80 s com um passo de 0,016 s. Para a redução de ruído, aplicou-se um filtro média móvel de 3 amostras por meio do *software* MATLAB.

Com o objetivo de comparar a eficiência dos dois sistemas, utilizaram-se dois critérios de comparação: tracking factor (TF) do algoritmo e eficiência de conversão (ηconversor) (Brito, et al., 2010). A performance do sistema (ηsistema) pode ser calculada por meio de: TF * ηconversor. Apresenta-se na tabela 2 os resultados das técnicas aplicadas a cada conversor.

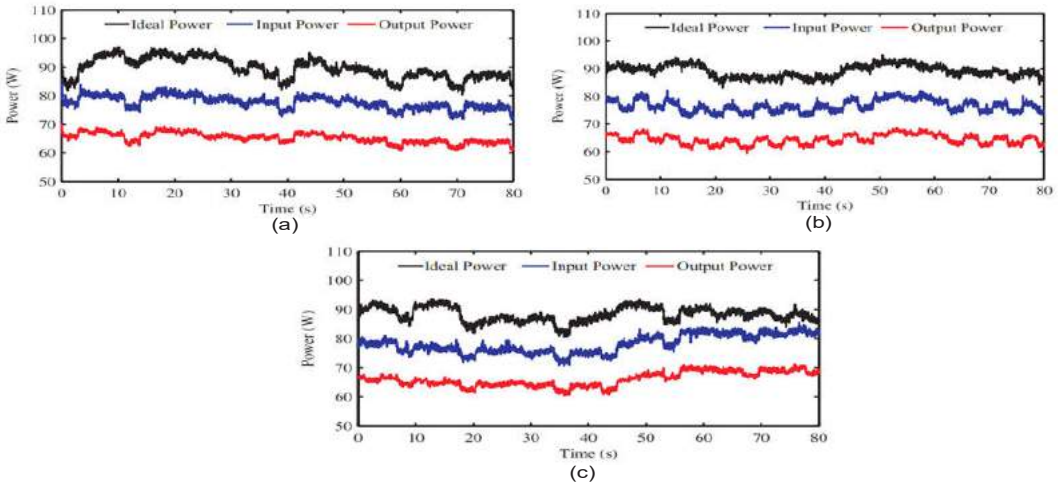



Figura 5. Conversor Buck operando com o método: (a) MPPT P&O, $S_{avg}$ = 708.58 W/m$^2$, $T_{avg}$ = 37.05°C; (b) MPPT Temperatura, $S_{avg}$ = 696.08 W/m$^2$, $T_{avg}$ = 37.10°C; (c) MPPT InCond, Savg = 701.15 W/m$^2$, $T_{avg}$ = 37.62°C.

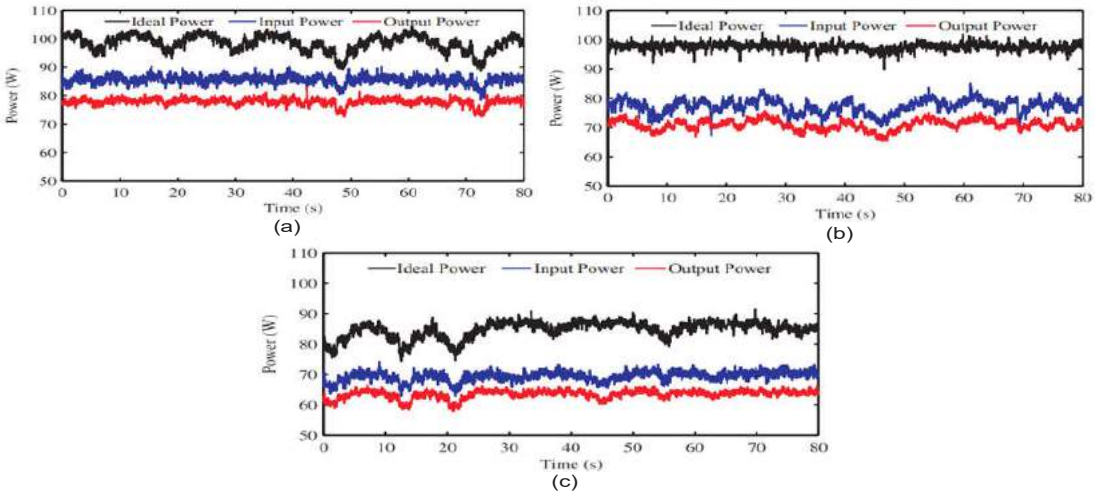



Figura 6. Conversor Boost operando com o método: (a) MPPT P&O, $S_{avg}$ = 800.59 W/m$^2$, $T_{avg}$ = 40.00°C; (b) MPPT Temperatura, $S_{avg}$ = 768.57 W/m$^2$, $T_{avg}$ = 39.35°C; (c) MPPT InCond, $S_{avg}$ = 679.33 W/m$^2$, $T_{avg}$ = 38.30°C.

Tabela 2. Performance Conversor vs Técnicas de MPPT

| **Conversor** | **MPPT** | *TF* | $\eta_{Conversor}$ | $\eta_{sistema}$ |
|---|---|---|---|---|
| Buck | P&O | 86.73 % | 84.05% | 72.90% |
| | Temp | 85.90 % | 84.25% | 72.37% |
| | InCond | 88.55% | 84.55% | 74.87% |
| Boost | P&O | 86.87% | 90.93% | 78.99% |
| | Temp | 79.14% | 91.81% | 72.66% |
| | InCond | 81.96% | 91.51% | 75.00% |

## 4. CONCLUSÃO

O presente trabalho tratou de avaliar o conjunto conversores CC-CC e técnicas de MPPT aplicáveis. Os conversores escolhidos foram o Buck e Boost. A escolha dos mesmos foi devida a simplicidade, robustez e aplicação dos mesmos em sistemas fotovoltaicos. Da mesma forma foram selecionados os métodos P&O, InCond e Temperatura. Suas dinâmicas são diversificadas, com diferentes dificuldades de implementação e uso comercial.

A análise por simulação demonstrou que o método da InCond é o mais eficiente para os dois conversores quando submetidos a degraus de irradiação e temperatura. Em seguida, apresenta-se o método Perturba Observa como o mais eficiente para os conversores Buck e Boost.

O melhor conjunto "conversor - MPPT" foi obtido com o conversor Boost P&O. Para o conversor Buck, o melhor desempenho foi obtido pelo método da InCond.

O experimento demonstra a necessidade de selecionar o método de rastreamento de máxima potência, em função do conversor utilizado, o que trará melhor desempenho ao conjunto do sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica instalado.

## 5. REFERÊNCIAS

Arrabaça, D. A. and S. P. Gimenez. 2014. *Conversores de Energia Elétrica CC/CC Para Aplicações Em Eletrônica de Potência: Conceitos, Metodologia de Análise e Simulação*. 1ª. São Paulo: Editora Érica.

Brito, Moacyr A. G., Luigi G. Junior, Leonardo P. Sampaio, and Carlos A. Canesin. 2010. "Avaliação Das Principais Técnicas Para Obtenção de MPPT de Painéis Fotovoltaicos." *Industry Applications (INDUSCON)*.

Coelho, Diogo C. 2009. "Proposta de Conversor Para Rastreamento de Máxima Potência de Operação de Pequenos Sistemas de Geração de Energia Elétrica."

Collares, F. S. 2012. "Comparação Quantitativa de Métodos de Paralelismo de Módulos Fotovoltaicos Com a Rede Elétrica Para Geração Distribuída Através Do Controle de Conversores de Potência." Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Dolara, A., R. Faranda, and S. Leva. 2009. "Energy Comparison of Seven MPPT Techniques for PV Systems." *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications* 01(03):152–62. Retrieved (http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/jemaa.2009.13024).

Hart, Daniel W. 2011. *Eletrônica de Potência - Análise e Projeto de Circuitos*. 8ª. Porto Alegre: Editora Bookman.

Silva, Emerson A., Fabricio Bradaschia, Marcelo C. Cavalcanti, and Aguinaldo J. Nascimento. 2015. "Parameter Estimation Method to Improve the Accuracy of Photovoltaic Electrical Model." *IEEE Journal of Photovoltaics* 6(1):278–85.

Stankiewicz, Adilson L. 2013. "Estudo Comparativo de Técnicas de Rastreamento de Máxima Potência Para Geração de Energia Solar Fotovoltaica." (FURB, Blumenau):192.

Villalva, M. G. 2014. *Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações*. 1ªedição. São Paulo: Editora Érica.

Yu, G. J., Y. S. Jung, J. Y. Choi, and G. S. Kim. 2004. "A Novel Two-Mode MPPT Control Algorithm Based on Comparative Study of Existing Algorithms." *Solar Energy* 76(4):455–63.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# BIOMASSA: UMA NOVA ALTERNATIVA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

**Lucas Engel**
**Martin D. Schultz**
**Lucas Rafael Pacheco**
**Ricardo Arpini Souza**
Engenharia Elétrica, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, KM 2, Bairro Demoliner, Erechim, RS.
glucas.engel@gmail.com; l.pacheco.ere.rs@gmail.com; martin230896@gmail.com; ricardoarpini@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este artigo busca avaliar e informar de modo geral sobre a utilização das principais alternativas de biomassa para geração de energia em centrais termelétricas a vapor no Brasil. A pesquisa realizou-se visando compreender os fatores da utilização de resíduos agrícolas oriundos do arroz e da cana de açúcar, o que possibilita uma solução para a biomassa sobressalente destas atividades. Desta forma, foi possível identificar que a utilização de biomassa como combustível é uma opção viável, pois transforma o resíduo que antes era destinado ao lixo, em energia elétrica.*

***Palavras-Chaves:*** *Termelétricas, biomassa, fontes renováveis, geração de energia elétrica, sustentabilidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Operador Nacional do Sistema (ONS) vem enfrentado desafios associados aos conflitos pelo uso da água, especialmente em situações de escassez do recurso hídrico e também associados à manutenção da confiabilidade do sistema frente à baixa geração hidrelétrica associada. Como alternativa, vem recorrendo aos combustíveis fósseis, através das usinas termelétricas para o atendimento da demanda. Esta operação muitas vezes é questionada pelo custo elevado, porém é o recurso disponível para auxiliar no atendimento do sistema brasileiro em equilíbrio.

A utilização de fontes dispersas de energia, em particular a biomassa, aparece como uma grande oportunidade, por colaborar na oferta de energia do sistema interligado do país. Trata-se de geração descentralizada e próxima aos pontos de consumo, com equipamentos e combustível nacional, ou seja, resíduos oriundos dos processos. Existem várias formas de conversão da biomassa em energia, sendo que as mais utilizadas são a combustão direta, gaseificação e pirólise (Foletto et al., 2005).

A biomassa existente no Brasil pode ser classificada como de origem florestal, agrícola, dos rejeitos urbanos e industriais. Além disso, nosso País apresenta uma produção de biomassa com enorme potencial de aproveitamento energético. As condições naturais e geográficas favoráveis, aliadas à grande quantidade de terra agricultável com características adequadas de solo e condições climáticas, fazem do Brasil um dos países que reúne o maior quantitativo de vantagens comparativas para liderar a agricultura de energia (Santos et al., 2016).

O objetivo desta pesquisa é avaliar as principais alternativas de biomassa para geração em centrais termelétricas a vapor no Brasil, dando um destaque principal na biomassa gerada em plantações, como de arroz e cana de açúcar, onde o enorme volume de biomassa gerada, que causa grandes problemas ambientais, caso não sejam descartadas forma ecologicamente correta, podem ser utilizadas como combustível renovável para a geração de eletricidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido sobre os preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica, utilizando-se das seguintes etapas: 1) definição das palavras-chave, delimitação do período e *sites* de busca para a pesquisa bibliográfica; 2) Levantamento de artigos, livros, teses, dissertações e monografias referentes ao tema proposto; 3) Coleta de dados: leitura e registro das informações extraídas das fontes bibliográficas obtidas; 4) Análise e interpretação dos dados; 5) Discussão dos resultados. Os sites utilizados para pesquisa foram Google Acadêmico, Periódicos Capes e EBSCO. Foram pesquisadas as seguintes palavras chave: Biomassa, Energia Renovável, Geração de Energia Elétrica, Sustentabilidade, Termelétricas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo fundamental de funcionamento das centrais termelétricas baseia-se na conversão de energia térmica em energia mecânica e está em energia elétrica. Esta conversão de energia se dá através do uso de um fluido que produzirá, em seu processo de expansão, trabalho em turbinas térmicas. O acionamento mecânico de um gerador de energia elétrica acoplado ao eixo da turbina permite a conversão de energia mecânica em elétrica (Reis, 2012).

A fonte de calor pode ser obtida por várias fontes primárias como a solar, geotérmica, biomassa, combustível fóssil, incineração de resíduos e a nuclear. Diversas também são as tecnologias para a conversão em energia mecânica, como as turbinas e motores de ciclos fechado e aberto (Neto e Carvalho, 2012).

Algumas configurações de termelétricas utilizam fontes não-renováveis de combustíveis para o seu funcionamento. Como o próprio nome diz, uma vez esgotadas, essas reservas não podem ser regeneradas. Porém a utilização de fontes renováveis para alimentar uma termelétrica é possível, com o uso de biomassa. A tabela 1 demonstra os principais combustíveis utilizados no Brasil.

Tabela 1. Quantificação em números de termelétricas, potência gerada e valor percentual total. (ANEEL, 2013).

| Classe de Combustíveis Utilizados no Brasil - Operação | | | |
|---|---|---|---|
| Combustível | Quantidade | Potência (kW) | % |
| **Biomassa** | 449 | 9.928.202 | 30,28 |
| **Fóssil** | 1132 | 21.443.432 | 65,41 |
| **Outros** | 43 | 1.412.941 | 4,31 |
| Total | 1624 | 32.784.575 | 100 |

### 3.1 Classificação das Termelétricas

As centrais termelétricas são classificadas de acordo com o método de combustão utilizado:

*Combustão externa (ciclo fechado)*: o combustível não entra em contato com o fluido de trabalho. Processo usado principalmente nas centrais termelétricas a vapor, onde o combustível aquece água em uma caldeira até gerar o vapor que, ao se expandir em uma turbina, produzirá trabalho mecânico. As usinas nucleares também se encaixam nessa classificação, uma vez que o processo de fissão não entra em contato direto com o fluido de trabalho (Reis, 2012).

*Combustão interna (ciclo aberto): a* combustão se efetua sobre uma mistura de ar e combustível. Dessa maneira, o fluido de trabalho será o conjunto de produtos da combustão. A combustão interna é o processo usado principalmente nas turbinas a gás e nas máquinas térmicas a pistão (motores a diesel, por exemplo) (Reis, 2012).

Ainda pode-se ressaltar que além do ciclo de geração simples, onde ocorre apenas a queima de combustível para determinada geração, existem também o ciclo combinado e a cogeração. As técnicas de ciclo combinado permitem a redução do consumo específico de combustível e a consequente redução das emissões de $CO_2$. Das perdas totais de um sistema termelétrico convencional a vapor, 10% referem-se à caldeira e cerca de 55% ao calor contido no vapor de exaustão nas turbinas a vapor. (Reis, 2012)

Sistemas de cogeração são aqueles em que se faz simultaneamente e de forma sequencial a geração de energia elétrica e térmica a partir de um único combustível, tais como gás natural, carvão, biomassa ou derivados de petróleo. Um sistema de cogeração bem dimensionado e balanceado, do ponto de vista da porcentagem final de cada uma das duas formas de energia, aumenta o rendimento global da utilização do combustível empregado, atuando, assim, no sentido do aumento da eficiência energética (Reis, 2012).

### 3.2 Centrais a Vapor (Não Nucleares)

Esse tipo de central pode trabalhar tanto em ciclo aberto como em ciclo fechado. A operação em ciclo aberto é bastante comum quando se pretende utilizar calor (vapor) para o processo. Em sistemas fechados, pode-se trabalhar com um ou mais fluidos (operação em ciclos superpostos) (Reis, 2012). A figura 1 demonstra um esquemático do funcionamento de uma central a vapor.

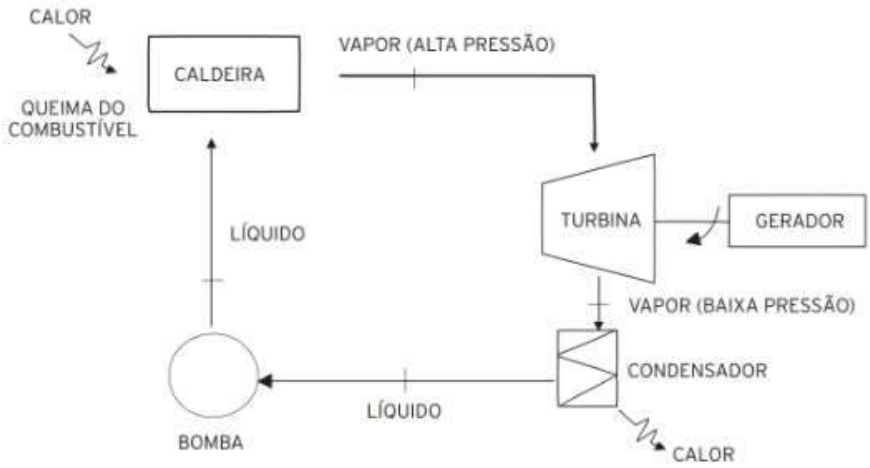



Figura 1. Central termelétrica com combustão externa (a vapor). (Reis, 2012).

A turbina a vapor é classificada como uma máquina de combustão externa uma vez que os gases provenientes da combustão do combustível não entram em contato direto com o fluído de trabalho que flui internamente na máquina e efetua os processos que convertem a energia do combustível em potência de eixo. Em consequência disto, possuem uma alta flexibilidade em relação ao combustível que pode ser utilizado (Stuchi et al., 2015).

### 3.3 Classificação de Biomassa

A biomassa pode ser definida como qualquer tipo de matéria orgânica que pode ser transformada em energia mecânica, elétrica ou térmica. A seguir as principais variedades de biomassa utilizadas no Brasil.

#### 3.3.1 Biomassa de Origem Florestal

A biomassa da madeira e seus derivados é uma fonte promissora no Brasil. Definida como produtos e subprodutos dos recursos florestais que incluem basicamente biomassa lenhosa, produzida de forma sustentável e pode ser disponibilizada localmente em vários municípios do país. No Brasil, ela participa com cerca de 10% da produção de energia primária e continua tendo grande importância na matriz energética. Após a utilização da lenha nas fábricas são gerados resíduos industriais como pontas de toras, costaneiras e serragem de diferentes tamanhos e densidade.
Tais resíduos resultam em um excelente aproveitamento energético (Santos, et al., 2017).

#### 3.3.2 Biomassa de Origem Agrícola

O setor de agronegócios vem atraindo cada vez mais investimentos, tanto internos quanto externos, e gerando sucessivos saldos positivos na balança comercial o que leva o setor a ser um dos mais importantes para o crescimento do Brasil. E toda essa produção resulta em resíduos nos seus processos, desta forma estes podem ser utilizados como combustível para a geração de energia (Santos, et al., 2017).

O Brasil se tornou o maior produtor mundial de etanol, um combustível considerado limpo se comparado à gasolina. A alta produtividade alcançada pela lavoura canavieira, acrescida de ganhos sucessivos nos processos de transformação da biomassa sucroalcooleira, tem disponibilizado enorme quantidade de matéria orgânica sob a forma de bagaço e palha. As usinas e destilarias de cana-de-açúcar, atualmente interligadas aos principais sistemas elétricos que atendem a grandes centros de consumo, principalmente nos estados das regiões Sul e Sudeste, com destaque para o Estado de São Paulo, despontam neste ranking (Santos, et al., 2017).

O bagaço da cana e a palha, sobressalentes do processo, são utilizados principalmente como combustível em sistemas de cogeração de energia nas plantas termelétricas instaladas nas usinas de cana-de-açúcar. Ele é queimado diretamente em caldeiras que produzem o vapor, utilizado em sistemas de geração de energia elétrica, e também processos de beneficiamento da cana (aquecimento do caldo de cana, melaço etc.). Em alguns casos a energia gerada abastece a própria empresa, aumentando a eficiência do processo como um todo (Santos, et al., 2017).

Outra cultura enraizada em nosso país, e que desperta forte interesse em relação ao aproveitamento dos seus resíduos é o arroz. O Estado com a maior produção de arroz em casca é o Rio Grande do Sul, com aproximadamente 7,37 milhões de toneladas, representando cerca de 60% da produção nacional com uma produtividade média de 5,85 ton/ha. Na segunda posição está o Mato Grosso com produção de 0,682 milhões de toneladas, representando 6%. Além da combustão direta da palha e cascas do arroz, outro processo de conversão energética da biomassa que pode ser utilizado para o

aproveitamento desses resíduos é a pirólise. Nesse caso, é necessário que se faça a compactação dos resíduos, transformando-os em briquetes, que são pequenos blocos cilíndricos de alta densidade. Com a pirólise, os briquetes adquirem maiores teores de carbono e poder calorífico, podendo ser usados com maior eficiência na geração de calor e energia elétrica (Santos, et al., 2017).

Outro fator relevante é que a casca do arroz tem baixa densidade e peso específico, além de lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longo período de tempo. Apresenta um alto poder energético, já que contêm quase 80% de seu peso em carbono. Suas cinzas são compostas basicamente de sílica, portanto, bastante alcalinas, sendo uma boa opção para a utilização como substrato nas lavouras. Tanto nas cascas de arroz como em suas cinzas, não existem compostos tóxicos (Santos, et al., 2017).

Duas das maiores culturas produzidas no Brasil, ainda não são opção como biomassa para a geração de energia elétrica, o milho e a soja. O beneficiamento de ambos os grãos, é realizado pela própria colheitadeira, onde o grão já sai limpo sem a palha, que é despejada na lavoura. Esse é um dos maiores fatores que inviabilizam o uso da palhada na geração de energia elétrica, pois os custos para transportar e juntar esse resíduo seriam muito altos. Ainda em comparação com a cultura do milho, o aproveitamento dos resíduos do plantio de soja ainda possui outra desvantagem, já que apresentam efeitos positivos no solo da lavoura (Santos, et al., 2017).

## 4. CONCLUSÃO

A partir da pesquisa realizada, entende-se que a utilização de biomassa como combustível para centrais termelétricas a vapor, além de ser uma fonte de energia renovável, auxilia à destinação correta e eficiente do resíduo da agricultura, como no caso da cana de açúcar e do arroz. Outro fator importante é que como não emite óxidos de nitrogênio e enxofre, e o $CO_2$ lançado na atmosfera durante a queima é absorvido na fotossíntese, apresenta balanço zero de emissões. Tais características devem, futuramente, reverter a tendência de troca de combustíveis, e a biomassa vai ocupar o espaço, atualmente liderado pelo petróleo e pelo carvão mineral.

Nesta pesquisa também demonstrou que, a utilização dos resíduos das culturas do milho e da soja, torna-se inviável devido à dificuldade de coleta e transporte da biomassa, visto que os meios de colheita atuais inviabilizam o acumulo do material.

## 5. REFERÊNCIAS

ANEEL, (2005). *Fontes de Energia. <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>.*

Foletto, E. L., Hoffmann, R., Hoffmann, R. S., Portugal, U. L., e Jahn, S. L. (2005). Aplicabilidade das Cinzas da Casca de Arroz. *Quimica Nova*, *28*(6), 1055–1060. https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000600021

Neto, M. R. B., & Carvalho, P. (2012). *Geração de Energia Elétrica - Fundamentos*. (Érica, Ed.) (1 ed.). São Paulo.

Reis, L. B. (2012). *Geração de Energia Elétrica*. (Manole, Ed.) (2 ed.).

Santos, G. H. F., Nascimento, R. S., & Alves, G. M. (2017). Biomassa Como Energia Renovável No Brasil. *Revista UNINGÁ*, *29*, 6–13.

Stuchi, G. A. D., Taconelli, M., & Langhi, V. A. B. (2015). Geração Termelétrica: Principais Componentes E Tipos De Centrais Termelétricas. *Tcc.Sc.Usp.Br*.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia Elétrica:

# Sistemas Eletroeletrônicos Aplicados

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RELÓGIO DIGITAL COM USO DE CI'S

**Bruno Borba Florencio, Iuri Rodolfo Maziero Possa, Jean Carlos Dalla Rosa, Leonardo Redondo, Lucas Serrano, Glênio Luis de Vasconcellos Rigoni e Adilson Luis Stankiewicz**
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões Campus Erechim, RS, Brasil.
*067436@aluno.uricer.edu.br, 065964@aluno.uricer.edu.br, 051954@aluno.uricer.edu.br, 065952@aluno.uricer.edu.br, 051109@aluno.uricer.edu.br, glenio.rigoni@uricer.edu.br e adilsonluis@uricer.edu.br*

**Resumo:** A Eletrônica Digital é uma das áreas da Engenharia Elétrica que foi base para o desenvolvimento da Eletrônica Embarcada utilizada em larga escala em dispositivos tecnológicos de consumo e industrial. Compreender os processos envolvendo portas lógicas, circuitos sequenciais e memórias são relevantes para o desenvolvedor e para os estudantes de Engenharia. O projeto aqui proposto, desenvolve um relógio digital com uso de dispositivos lógicos TTL e CMOS genéricos e propicia ao acadêmico a possiblidade de conhecer o funcionamento detalhado dos diferentes blocos do sistema. Desenvolve-se um circuito oscilador de *clock*. Na sequência é projetado um contador binário e seu respectivo conversor binário/7 segmentos para apresentação adequada da informação. Da mesma forma projetam-se os circuitos de ajuste e reset para o funcionamento do relógio. Por fim, utiliza-se ferramenta de simulação e desenvolvimento para validar o projeto proposto e desenvolver a placa de circuito impresso.

**Palavras chaves:** Relógio Digital, Contadores, Eletrônica Digital.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, perceptível em vários aspectos e em equipamentos presentes no cotidiano do ser humano, o relógio também teve a sua cota de desenvolvimento, saindo do sistema analógico para o digital.

"O contador digital é um dispositivo útil e versátil que é encontrado em muitas aplicações" (FLOYD, 2007), de baixo custo e apresenta alta confiança em relação a sua precisão, sendo muito usado para o controle das horas e alarmes programados.

O relógio projetado possui um mecanismo que se baseia em pulsos de *clock* provenientes de aplicação de tensão em *CIs* (Circuitos Integrados). Por meio de um circuito controlador, é possível emitir pulsos de *clock* controlados e em sequência contínua igualitária, ou seja, é possível fazer com que saia um pulso a cada segundo, garantindo a precisão do Sistema. (FLOYD, 2007)

"Diagramas de tempo fornecem uma ferramenta poderosa para demonstrar graficamente as relações entre os sinais em um sistema digital. Simuladores de circuitos digitais apresentam seus resultados de análise como diagramas de tempo. Isso nos permite determinar se a funcionalidade e o tempo estão corretos para uma aplicação. Questões de tempo também estão se tornando cada dia mais críticas, com sistemas digitais de alta velocidade. Muitos sistemas podem ser capazes de operar a velocidades mais baixas, mas falham em frequências mais altas. Ser capaz de interpretar informações de diagramas de tempo é vital para um engenheiro ou um técnico." (TOCCI, 2011)

Diferentemente dos relógios convencionais, onde o horário é apresentado por meio de engrenagens que somam e movimentam os ponteiros fazendo barulho característico e por utilizar, em alguns casos, um espaço considerável, o relógio digital é mais compacto, não emite ruído perceptível e o seu ajuste é prático.

Desenvolve-se aqui um projeto de construção de um relógio digital como demonstração de sua praticidade na vida diária. O relógio foi projetado e simulado pelo *Software Proteus*, seguido de sua montagem em meio físico com a utilização de *protoboards*. Para uma melhor demonstração, o relógio será remontado em uma placa impressa e caixa a serem construídas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos indicam que o desenvolvimento de um relógio digital requer o conhecimento de tecnologias específicas atualizadas para o devido funcionamento lógico do sistema, e, segundo IDOETA (2012), "circuitos digitais da tecnologia atual são fundamentalmente implementados usando circuitos integrados (CIs) sofisticados e configurados eletronicamente ou feitos sob medida para a aplicação."

O relógio digital deste projeto possui basicamente as seguintes peças: CI 74LS190, CI 74LS47, CI 74HC04, resistores e *displays* de LED tipo 7 segmentos. Essas peças associadas fazem a transformação do pulso de *clock* em sequências que ativam os LEDs dos *displays* (Figura 1) e apresentam o horário conforme sua configuração.

Como o padrão brasileiro de horas é no formato hh:mm:ss, estudou-se a montagem de um Contador de 0 a 59 para os minutos e segundos e um Contador de 1 a 23 para as horas, método encontrado em IDOETA (2012), onde consta que ao utilizar 6 Circuitos Integrados é possível obter ciclos em que a cada 60 segundos é contado 1 minuto e a cada 60 minutos conta-se uma hora, conforme Figura 2.

Utilizou-se o *Software Proteus* para simulação do circuito, onde foram dispostas as peças e ligações necessárias nos CIs assíncronos, que, geralmente, são mais simples e usados em circuitos lentos, ativando o funcionamento do relógio (IDOETA, 2012).

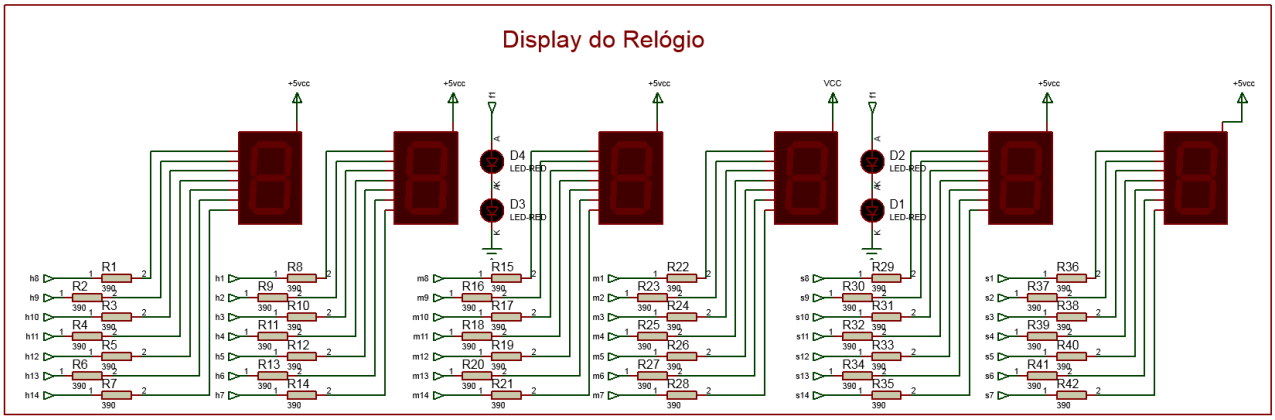



Figura 1.: Display do Relógio

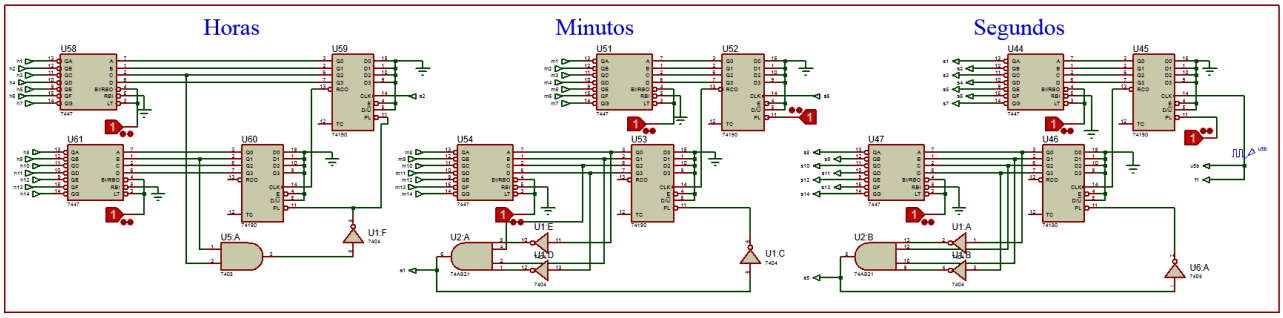



Figura 2.: Esquema lógico para contagem dos segundos, minutos e horas.

Para a alimentação do circuito, uma vez que requer energia elétrica, utilizou-se um transformador (Trafo), seguido de um diodo Zener e um Schmitt-Trigger, criando uma fonte com voltagem e amperagem corretas para o funcionamento do relógio, Figura 3.

O Schmitt-trigger "permite maior segurança no disparo da tensão elétrica sempre quando a entrada varia de forma lenta, como com 1 volt/segundo", pois "usa um circuito de limiar especial que produz histerese, uma característica que evita erros de chaveamento entre estados quando uma tensão de disparo de variação lenta paira em torno do nível de entrada crítico." (FLOYD, 2007)

Com a utilização do transformador, o relógio passou a contar 60 vezes por segundo, sendo assim, esquematizou-se um redutor de frequência de 60Hz para 1Hz, permitindo que o relógio contasse 1 vez por segundo, dando o tempo correto.

Para montar o redutor, foi utilizado o CI 4024, conforme Figura 3, obedecendo FLOYD (2007), que diz que "uma tensão senoidal de 60Hz é convertida numa forma de onda de pulsos e dividida para uma forma de onda de pulsos de 1Hz por um divisor de frequência por 60."

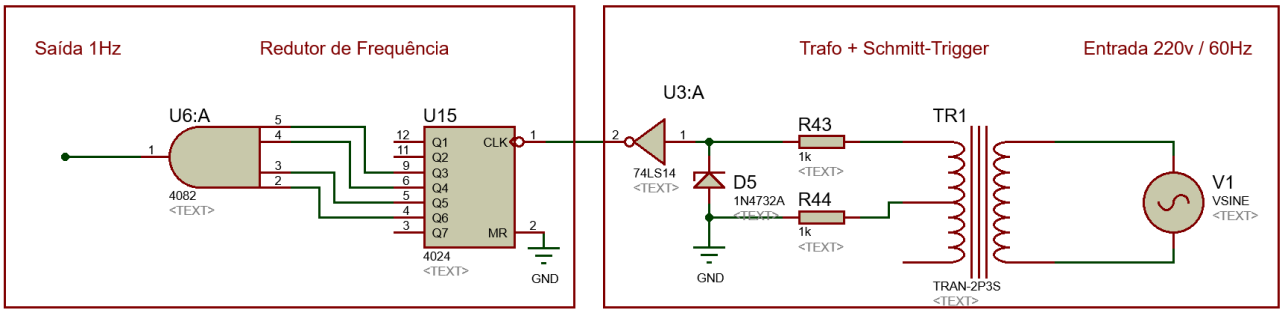



Figura 3.: Representação do sistema de alimentação e redutor de frequência.

## 3. RESULTADOS

O relógio digital apresentou funcionamento adequado e previsto em todas as simulações empregadas e no meio físico, utilizando *Protoboard* para disposição dos itens, conforme Figura 4.

Sua apresentação final será feita em uma caixa para armazenamento do circuito e placa impressa.

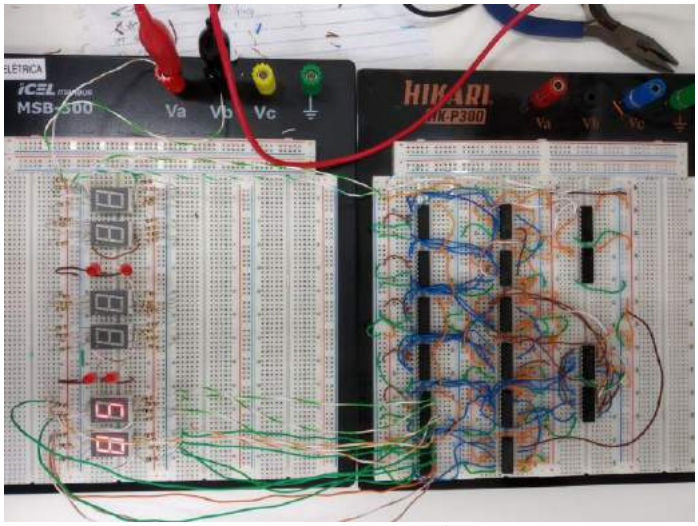



Figura 4.: Bancada de testes, montagem do *Display* de LED (esquerda) e esquema lógico para contagem dos segundos, minutos e horas (direita).

Com as questões de alimentação, precisão e desenvolvimento do relógio digital finalizadas, viabilizou-se a implantação de um alarme, por meio de outro circuito, integrado ao atual sistema, como demonstração das várias funcionalidades do relógio digital. Foram utilizadas as peças CI 74AS21, CI 7408, CI 7404 e um *buzzer* -equipamento utilizado para emitir sons, como uma campainha-, para a criação e montagem do alarme no *Software Proteus*, ainda em fase de conclusão.

O objetivo do alarme, especificamente neste projeto, é para que seja possível programar os horários de aula e intervalos de instituições educacionais, todavia ele pode ser definido para diferentes funções e locais.

Em acréscimo ao projeto, surgiu a oportunidade da utilização de diferentes tipos de equipamentos e duas aulas especiais, sendo uma sobre a utilização e o manejo da impressora de circuitos impressos, ministrada pelo aluno Izair Bessegato Junior, e a outra sobre a utilização de impressora 3D, com o Prof. Me. Oséias Esmelindro.

## 4. CONCLUSÕES

Em vista do exposto, conclui-se que este projeto propiciou o entendimento, a construção e a aplicabilidade dos relógios digitais no cotidiano social, além de evidenciar as possibilidades e os meios diversos em que podem ser utilizados. Os CIs utilizados podem ser reaproveitados em outras funções além de um relógio digital.

Atualmente, na construção de relógios digitais praticamente não são mais empregados Circuitos Integrados, apesar de serem funcionais. A linguagem de programação possibilita a configuração de Microcontroladores, reduzindo o tamanho e a quantidade de componentes presentes, além de diversificar a empregabilidade, possibilitando a utilização de um Microcontrolador para diversas funções e não apenas aos relógios digitais.

Experiência válida, uma vez que colocou o grupo em contato direto com livros, materiais e componentes da Eletrônica Digital, bem como com Professores que orientaram e auxiliaram nas pesquisas e montagens laboratoriais.

## 5. REFERÊNCIAS

Floyd, T. L., 2007. “Sistemas Digitais: Fundamentos e aplicações”. 9° Edição – Porto Alegre: Bookman.
Idoeta, I. V. e Capuano, F. G., 2012. “Elementos de Eletrônica Digital”. 41° Edição – São Paulo: Editora Érica Ltda.
Tocci, R. J.; Widmer, N. S. e Moss, G. L., 2011. “Sistemas Digitais, Princípios e Aplicações”. 11° Edição – Pearson Education.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste documento.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SISTEMA INTELIGENTE DE ACESSO A LABORATÓRIOS

**Bruno Martins de Pádua**
**Junior Pescador dos Santos**
**Ruan Carlos Meira**
**Joan Michel Levandoski**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
142962@upf.br; 135658@upf.br; 148051@upf.br; joan@upf.br

***Resumo.*** *O presente trabalho visa melhorar a maneira de controlar o acesso ao laboratório com a implementação de uma fechadura eletromagnética, que é acionada através de um aplicativo para smartphones Android. O aplicativo envia para o roteador ao qual o smartphone está conectado, uma sequência de caracteres, string essa que contém o IP do módulo Wi-Fi e o código que autoriza a abertura da porta, após o módulo Wi-Fi receber a string do roteador, ele a envia para a plataforma de desenvovimento Texas Instruments, via protocolo serial. Essa plataforma conta com um microcontrolador ARM, responsável por processar os dados recebidos, verificar o código recebido, e acionar o circuito de chaveamento que realizara a energização do fecho, liberando a abertura da porta.*

***Palavras chave:*** *microcontrolador ARM, módulo Wi-Fi, fechadura eletromagnética, aplicativo, Android.*

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Bai e Zheng, 2011, definem controle de acesso como o ato de regular o acesso (a um objeto, recurso ou lugar) a partir de um sujeito mediante o uso de um instrumento. A ideia de segurança advinda a partir de controle de acesso tem sido amplamente aplicada no cotidiano e está presente em casas, veículos, contas bancarias e serviços virtuais. O objetivo é garantir a propriedade privada, integridade e privacidade

Visando restringir o acesso ao laboratório de projetos avançados (LAPA), foi desenvolvido uma fechadura eletrônica acionada via Wi-Fi, por meio de um aplicativo para smartphones, que estará disponível apenas para os acadêmicos autorizados a utilizar o mesmo. Fechaduras inteligentes, diferentemente das convencionais, tem capacidade de tomada de decisão. Isto quer dizer, que a fechadura tem o poder de autorizar a entrada baseado em alguma lógica programada e realizar outras tarefas a partir do destravamento da porta (Gusmão et al, 2016).

O objetivo do projeto é aumentar a segurança dos alunos e proporcionar um melhor ambiente de trabalho, diminuindo o fluxo de pessoas no recinto. Por consequência, menos distrações e intervenções em suas bancadas e atividades acadêmicas. Analisando esses fatores julgou-se necessário a implementação deste dispositivo para realização do controle de acesso ao laboratório.

O sistema microcontrolado projetado, visa o desenvolvimento de uma forma alternativa aos padrões convencionais de travas de porta, tendo um visual mais moderno e eficiente, o que gera menores preocupações quando as pessoas se ausentam do local de trabalho, essa é a grande aposta desse projeto (Silva, 2013).

Fechadura essa que após semanas de desenvolvimento apresentou resultados adequados para o ambiente ao qual foi instalado, confiável e de fácil manipulação. Portanto apresentando efeitos positivos aos usuários do recinto, com um produto de fácil instalação e uso.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização do projeto, implementou-se um *hardware* que controla o acesso na entrada do LAPA, para isso foi utilizada uma plataforma de desenvolvimento equipada com um chip ARM Cortex-M4 que se comunica com um módulo *wireless* ESP8266 por meio de uma comunicação serial, o microcontrolador é responsável por processar os dados recebidos do módulo via rede Wi-Fi, permitindo o acesso e então abrindo a porta. A comunicação homem máquina se dá através do aplicativo para smartphones com sistema operacional Android, desenvolvido no App Inventor. O aplicativo faz a comunicação com o módulo desde que ambos estejam conectados na mesma rede Wi-Fi.

Quando o *firmware* que foi gravado no microcontrolador identifica o recebimento de informações pela serial, provindo do módulo Wi-Fi ESP8266 autoriza-se a abertura da fechadura. Ao ser recebida essa informação o microcontrolador envia

um pulso através de um de seus pinos para a base de um transistor de junção bipolar, este, por sua vez, passa a conduzir se tornando uma chave fechada ocasionando o fluxo de corrente pela bobina do relé. O relé comuta seus contatos eletromecânicos energizando o fecho eletromagnético que ao receber energia de uma fonte DC 12V, possibilita a abertura da porta.

### 2.1 Hardware utilizado no sistema

Como principal peça para realização do projeto temos a plataforma de desenvolvimento denominada TM4C123G LaunchPad Evaluation Kit da Texas Instruments, que utiliza um processador ARM Cortex-M4 dentre outros recursos desenvolvidos pela ARM, junto as tecnologias da Texas Instruments.

A combinação da funcionalidade do processamento de sinais de alta eficiência com os benefícios de baixo consumo de energia, baixo custo e facilidade de uso da família de processadores Cortex-M foi projetada para satisfazer a categoria emergente de soluções flexíveis direcionadas especificamente ao controle de motor, automotivo, gerenciamento de energia, áudio embarcado e automação industrial (ARM Developer, 2013).

Segundo (Texas Instruments, 2013), o kit oferece:

- CPU de microcontroladores baseados em ARM Cortex-M4 de 32 bits de 80MHz
- Flash de 256 KB, SRAM de 32 KB, EEPROM de 2 KB
- Dois módulos de rede de área de controle (CAN)
- Host / Dispositivo USB 2.0 / OTG + PHY
- ADCs duplos de 2 bits 2MSPS, PWMs de controle de movimento
- 8 UART, 6 I2C, 4 SPI
- Interface de Depuração In-Circuit On-board (ICDI)
- Plugue USB Micro-B para cabo USB-A

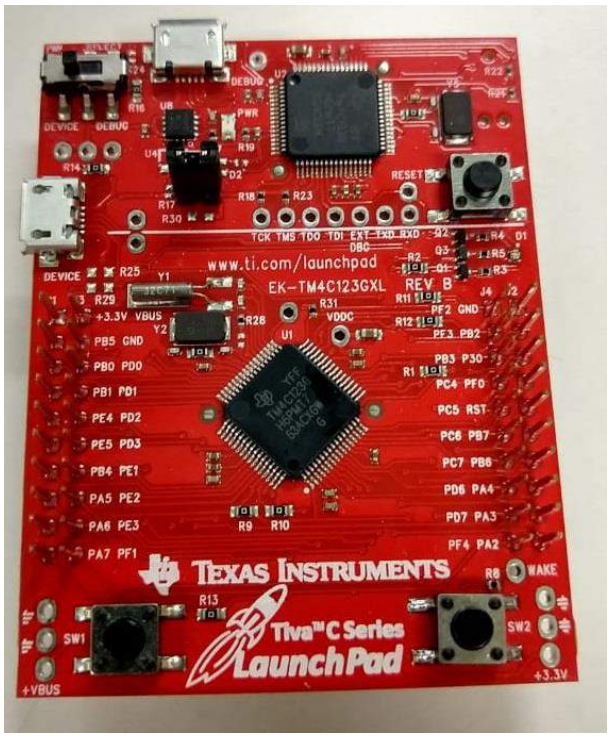



Figura 1. LaunchPad Evaluation Kit da Texas Instruments

O canal de transferência de dados entre o microcontrolador e a rede Wi-Fi é feita através do ESP 8266 D1 mini, um módulo Wi-Fi com as especificações necessárias para a implementação. O módulo que foi utilizado possui o microcontrolador ESP-8266EX para realizar suas respectivas funções. A comunicação entre o microcontrolador e o ESP 8266 D1 mini, é realizada por protocolo serial com uma taxa de transferência de 115200 bauds por segundo, dados esses enviados pelo módulo e recebidos através da UART da plataforma de desenvolvimento.

Segundo o fabricante, o ESP-8266 D1 mini nos oferece:

- Tensão de operação de 3.3V
- 11 pinos de I/O

- 1 pino analógico de entrada, de no máximo 3.2V
- Clock vai de 80MHz-160MHz
- Memória flash de 4M bytes
- Conector micro USB para alimentação e programação

Figura 2. Módulo ESP8266 D1 mini

Para o projeto optou-se pela fechadura THF-V/V da Thevear, ela é uma fechadura eletromagnética com especificações de 12V de tensão elétrica e 1A de consumo de corrente. Sua abertura se dá quando o fecho é energizado com 12V de tensão DC.

Optou-se por chavear o fecho eletromagnético através do circuito da figura abaixo:

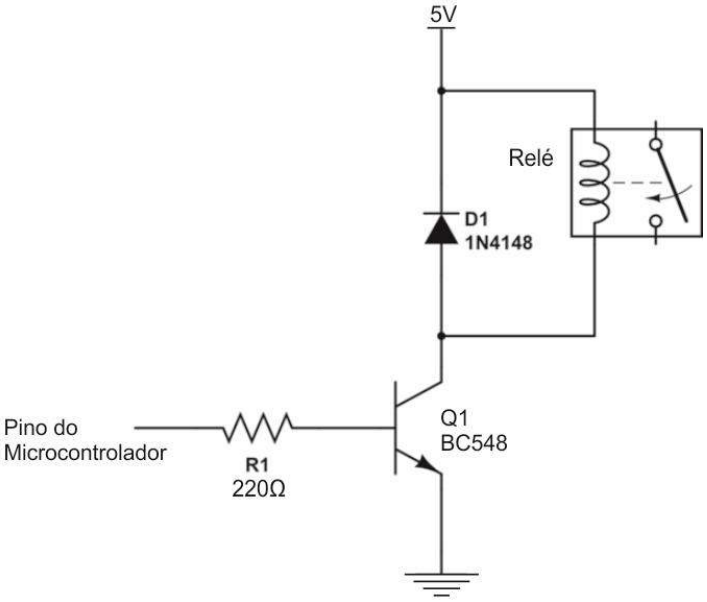



Figura 3. Circuito de comando do chaveamento da fechadura

Conectado ao microcontrolador temos um display LCD 20 x 4, modelo MGD2004D-FL da marca YBS, onde serão mostradas as informações sobre o processo de configuração enquanto o sistema inicializa, e também exibe mensagens para os usuários.

Para alimentação do projeto utilizou-se uma fonte DC com uma saída 5V e outra 12V para energizar os circuitos de controle e o fecho.

### 2.2 Softwares utilizado no sistema

O desenvolvimento de um aplicativo para *smartphones* com sistema operacional Android foi a maneira pensada para realização da abertura da porta, ele por sua vez foi criado a partir do *software* MIT App Inventor que é um *software web*, criado pela universidade americana Massachusetts Institute of Technology (MIT) que permite desenvolver aplicativos Android usando um navegador da internet e um telefone ou emulador conectados, e é disponibilizado gratuitamente.

Sua plataforma é de fácil compreensão, sendo possível criar aplicativos selecionando componentes para o mesmo e montando blocos que especificam como devem se comportar. (AndroidPro, 2017)

Como ilustrado na imagem abaixo, temos o ícone do aplicativo em um *smartphone* com o sistema Android embarcado. Ao pressionar o ícone um código é enviado para o módulo ESP8266 através da rede Wi-Fi, isso ocorre em alguns milésimos de segundos, fazendo com que o aplicativo inicie e já encerre, funcionando como se o ícone da tela fosse uma espécie de botão.

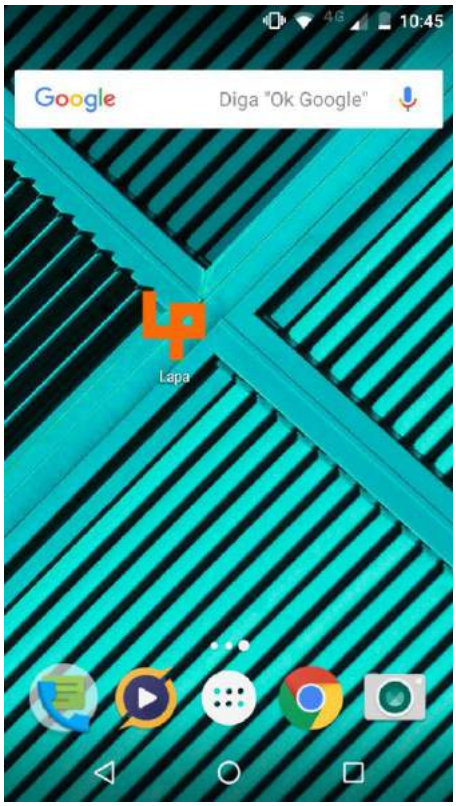



Figura 4. Tela de um smartphone Android com o aplicativo desenvolvido

Para o desenvolvimento do *firmware* que foi inserido no microcontrolador, foi utilizado o *software* IAR Embedded Workbench IDE.

### 2.3 Equações matematicas

O seguinte cálculo foi utilizado para obtenção do valor da resistência inserida entre o pino do microcontrolador responsável pelo acionamento e a base do transistor.

$$\boldsymbol{R1 = \frac{3,3V - 0,7V}{12mA} = 216,66\Omega}$$

Após o cálculo fez-se necessário utilizar um resistor comercial de 220Ω.

## 3. RESULTADOS

Averiguou-se resultados de grande expressividade ao final desse projeto, com uma performance adequada para com o propósito que foi estabelecido.

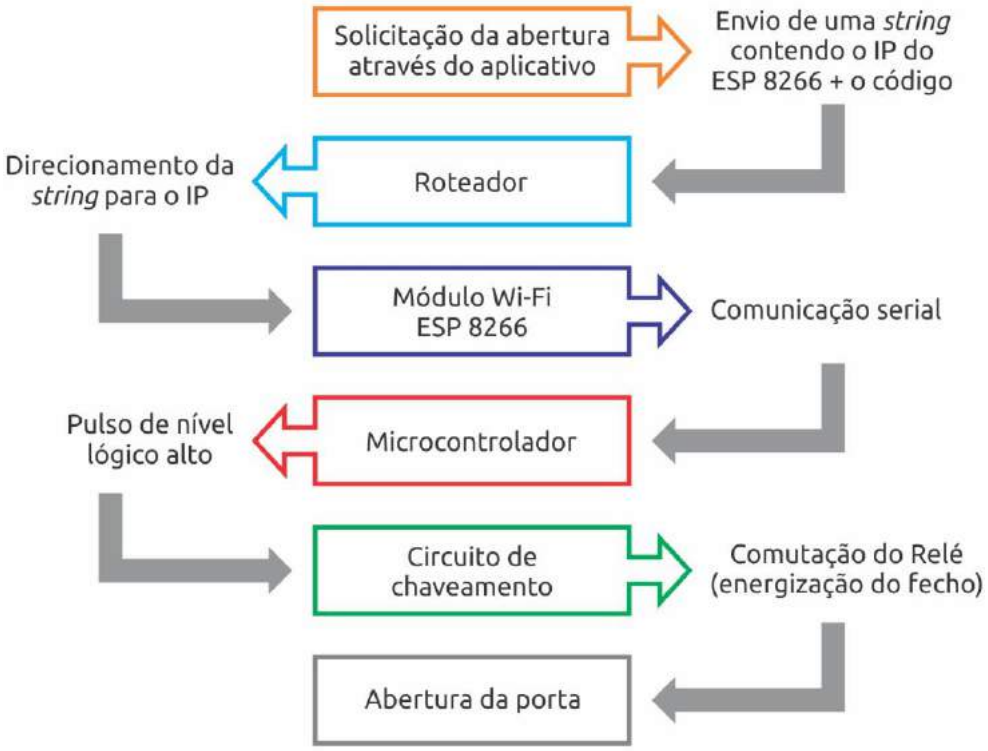



Figura 5. Diagrama de blocos do funcionamento do sistema

Ao energizar o sistema de controle da fechada o mesmo requer 2 segundos para efetuar sua inicialização, devido a necessidade da estabilização da conexão entre o módulo Wi-Fi e o roteador, após isso, está pronto para receber o comando de abertura. Depois de inicializado o sistema, o desbloqueio do o fecho em algumas centenas de milésimos de segundo, após o pressionamento do botão, demonstrando ser veloz e de fácil utilização.

Figura 6. Protótipo do sistema de acesso

Em relação a segurança do sistema, baseia-se na senha do roteador, pois só terá acesso ao sistema da porta quem tiver acesso ao roteador. Mas mesmo tendo acesso ao roteador o indivíduo não terá acesso a *string* necessária para abertura da porta. Para aumento da proteção o administrador da rede poderá optar pelo bloqueio da rede, disponibilizando o acesso ao roteador apenas para os aparelhos que ele deseja, que deverão ser previamente cadastrados no roteador, através dos endereços MAC, endereços esses que são particulares e diferentes para todos os aparelhos como acesso a rede Wi-Fi.

A verificação é feita pelo microntrolador, a partir do momento que a *string* é recebida, o mesmo a armazena, e compara os caracteres recebidos com os pré armazenados que seriam 'AS4782LA67". A *string*: "192.168.0.4/ AS4782LA67" que vem do aplicativo ao pressionar do botão, contém uma *url* com o *IP* do roteador e o código para verificação, então internamente o *firmware* descarta os números desnecessários e compara a partir da "/".

## 4. CONCLUSÕES

Após semanas de pesquisa e desenvolvimento, verificou-se grande aumento de conhecimentos nas áreas abordadas. Com esse projeto adquirimos maior experiência com programação de microcontroladores, além da utilização do módulo ESP8266 ao qual nunca havíamos tido contato, aprendendo sobre o funcionamento de redes Wi-Fi, seus protocolos e características, obtivemos êxito também na área de desenvolvimento de aplicativos para embarcados com sistema Android, compreendendo o funcionamento de uma fechadura eletromagnética.

Pode-se concluir que o resultado foi extremamente satisfatório pelo fato de ao final do trabalho, termos um protótipo funcionando perfeitamente, utilizando componentes eletrônicos de fácil acesso aliado a ferramentas gratuitas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AndroidPro, 2017. App Inventor: Guia de Criação de Apps. 31 Ago. 2018 <https://www.androidpro.com.br/blog/desenvolvimento-android/app-inventor/>.

ARM Developer, 2013. Cortex-M4. 28 Ago. 2018 <https://developer.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m4>.

Bai, Q. e Zheng, Y., 2011. "Study on the access control model in information security". Em *Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference.* Xuzhou, China.

Gusmão, A. T. A., Castro, A. L. S., e Zampolo, R. F., 2016. "Fechadura Baseada em Reconhecimento Facial Via Dispositivos Moveis Android". Em *XXXIV Sinpósio Brasileiro de Telecomunicações - SBrT2016.* Santarém, Brasil.

Silva, P.H.O., 2013. *Sistema de segurança de tranca de porta e controle de acesso.* Bel. tese, Brasília, Distrito Federal.

Texas Instruments, 2013. TM4C123G LaunchPad™ Evaluation Kit. 28 Ago. 2018 <http://www.ti.com/tool/EK-TM4C123GXL>.

THEVEAR, 2016. Fechadura Eletromagnética 12 Volts. 29 Ago. 2018 <http://www.thevear.com.br/new/VerProdutos.aspx?IDSubCat=142>.

WEMOS Electronics, 2018. D1 mini. 29 Ago. 2018 <https://wiki.wemos.cc/products:d1:d1_mini>.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DE UMA SONDA DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE SOLO PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES UTILIZANDO SENSORES DS18B20 E PROTOCOLO 1-WIRE

**Guilherme Frick de Oliveira**
**Jean Rodrigo Mello Severo**
**Willian Lippert**
**Paulo Sérgio Molina**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
142684@upf.br, 142689@upf.br, 142713@upf.br, molina@upf.br

**Resumo:** Neste trabalho foi um dispositivo capaz de realizar medição de temperatura do solo em diferentes camadas. Foram utilizados vários sensores de temperatura em diferentes camadas do solo para que fosse possível fazer tais medições. Os sensores são constantemente monitorados por um microcontrolador, o qual faz o processamento dos dados e a gravação dos mesmos em um cartão SD (Secure Digital). Visando a economia de recursos de hardware do microcontrolador foi utilizado o sensor DS18B20 o qual utiliza a tecnologia 1-wire. A vantagem a qual motivou a exploração deste sensor é de que se torna possível conectar inúmeros sensores em um único barramento de dados exigindo apenas um único pino digital do microcontrolador.

***Palavras-chave:*** *Sensor, temperatura, solo, DS18B20, microcontrolador,1-wire.*

## 1. INTRODUÇÃO

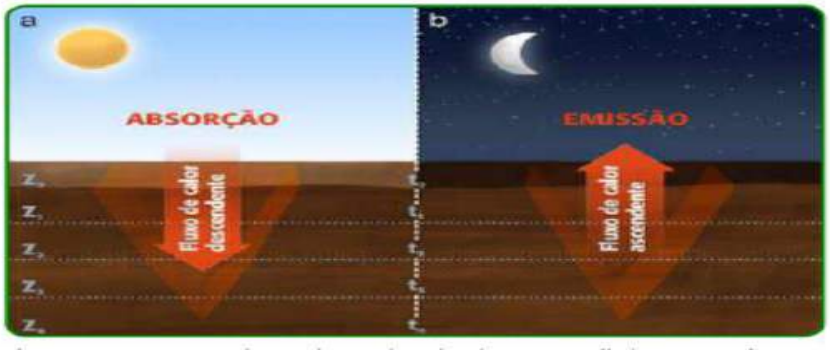
A temperatura do solo é um elemento meteorológico de grande importância agrícola pela função que desempenha nas interações entre o solo e as plantas. A temperatura do solo depende, em grande parte, da densidade de fluxo, da duração da radiação solar e das condições do solo, especialmente cobertura superficial e teor de água (DERPSCH, SIDIRAS e HEINZMANN, 1985). A temperatura do solo influencia em vários processos que ocorrem no solo como: germinação de sementes, crescimento do sistema radicular (divisão celular), absorção de água e nutrientes, decomposição de matéria orgânica e na ocorrência de doenças nas plantas (UFSM, 2014).

A temperatura média do solo, adequada para semeadura da soja, por exemplo, vai de 20ºC a 30ºC, sendo 25ºC a temperatura considerada ideal para uma emergência rápida e uniforme das sementes. Semeadura em solo com temperatura média inferior a 18ºC pode resultar em drástica redução nos índices de germinação e de emergência, além de tornar mais lento todo o processo.

Com esta monitorização das condições térmicas do solo é possível aprimorar o cultivo de diversas espécies, colaborando com o maior rendimento nas colheitas.

## 2. METODOLOGIA E RESULTADOS

A superfície do solo com ou sem cobertura vegetal é o principal trocador e armazenador de energia nos ecossistemas terrestres. O fluxo de transporte de calor proveniente do aquecimento do solo durante o dia, faz com que a energia térmica seja armazenada no seu interior, causando a sua elevação de temperatura (Fig. 1 a). Ao anoitecer a temperatura na superfície é menor do que a das camadas mais subjacentes no solo, isto faz com que o fluxo se inverta e emita energia térmica na forma de radiação terrestre (Fig. 1 b). Estre processo é conhecido como balanço de radiação na superfície.(PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002; UFSM, 2014).




Fonte: UFSM (2014).
Figura 1: Processo diário de condução de aquecimento (a) e resfriamento (b) do solo, sendo Z a profundidade e t a temperatura de cada camada.

## 2.1 Fatores determinantes da temperatura do solo

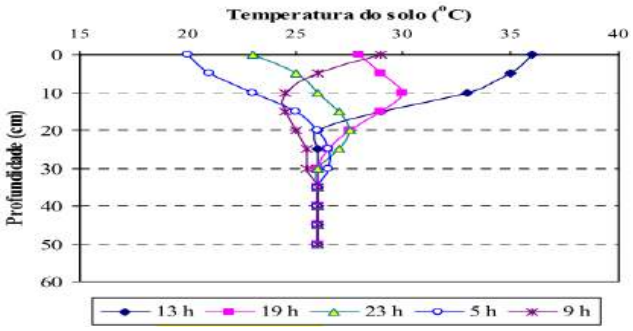
De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), a variação da temperatura do solo é dependente de alguns fatores como: poder emissor de radiação solar, textura do solo, umidade e densidade do solo e também das suas propriedades térmicas como:

Condutividade térmica (K): a capacidade do solo em transmitir energia térmica, onde o valor da condutividade térmica (K) é representado pela quantidade de calorias (Cal) que flui pelo tempo(s) através de uma unidade de volume de solo ($1cm^3$). Logo sua unidade de medida é Cal/$cm^3 . °C$s.

Calor específico volumétrico (Cpv): considerado como a capacidade do solo em variar a temperatura em função das trocas de energias, representado pela quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de $1cm^3$de solo em 1°C. Sendo sua unidade de medida Cal/$cm^3 . °C$.

## 2.2 Comportamento térmico diário do solo

Como ilustrado na Figura (1) o solo é dividido em camadas, e cada camada possui propriedades térmicas como abordado anteriormente. Conforme verificado, a variação de temperatura diária do solo também é dependente de fatores externos e intrínsecos. As variações de temperatura são decorrentes das trocas de calor, as camadas superficiais são as que mais recebem e cedem calor, logo apresentam maior variação, tendo maior amplitude térmica. As camadas mais profundas apresentam menor amplitude térmica, devido ao fato do solo ser poroso e péssimo condutor de calor. O comportamento térmico diário do solo e da profundidade é estudado a partir da elaboração de perfis de variação da temperatura (tautócronas, Figura 2). Conforme observado, na medida que aumenta a profundidade a amplitude térmica vai diminuindo, e a partir de 35 cm ocorre isotermia.(PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002)




Fonte: Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002).
Figura 2: Tautócronas de um solo coberto de vegetação

A termometria do solo é realizada através de termômetros especiais denominados como geotermômetros que se dividem em quatro grupos, sendo os de dilatação de líquido, bimetálicos, pares termoelétricos, termo resistência e

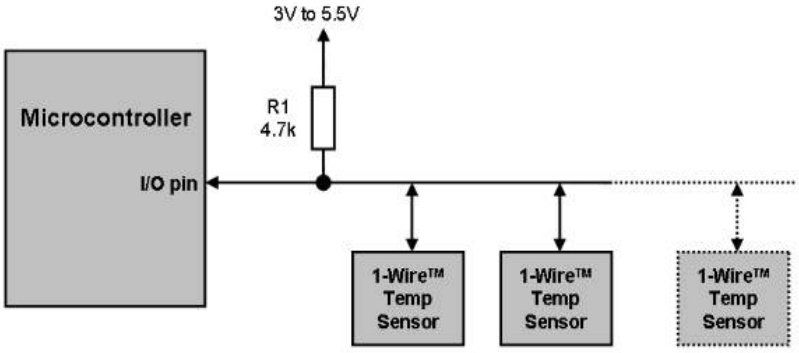
sensores integrados. Sensores são dispositivos que, sob a ação de grandeza físicas, produzem saídas analógicas ou digitais. Estas saídas são proporcionais ao valor da grandeza física que está sendo medida (TAYLOR,1997).

### 2.3 Sensor de temperatura DS18B20 e Sistema 1-Wire

O sensor de temperatura DS18B20 é um dispositivo o qual que trabalha com o protocolo de comunicação 1-wire. Ele é capaz de medir a temperatura no meio no qual está sendo inserido, convertendo os valores de temperatura em palavras digitais de 9 ou 12 bits. O tempo de conversão de temperatura para a forma digital é de aproximadamente 200us. Sua faixa de medição é de -55°C a +125°C com resolução de 0,1°C e exatidão de ±0.5°C em temperatura de 0°C a 70°C (DALLAS SEMICONDUCTORS, 2018).

Cada sensor DS18B20 possui um código de identificação único de 64bits gravado à laser em sua memória ROM (Read Only Memory). Através deste código é possível identificar cada sensor conectado a um barramento de dados 1-wire). Desta forma, múltiplos sensores DS1820 podem ser conectados em uma mesma rede 1-wireTM, possibilitando a aquisição de dados de temperatura em locais diferentes de maneira simultânea.

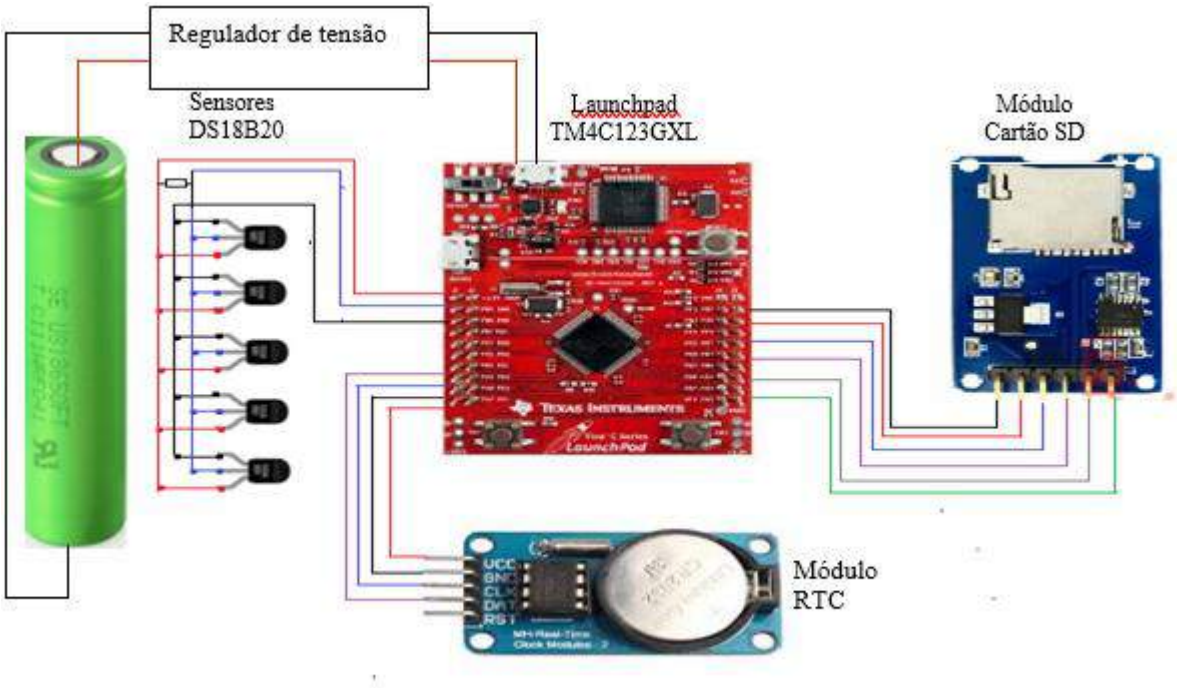
O Sistema 1-wire é composto por um dispositivo mestre que pode ser um microcontrolador e os escravos que são os sensores DS18B20. Na Fig. 3 pode se observar como os sensores são conectados a rede 1-wire e ao microcontrolador. Nota-se que há um resistor de 4,7k Ohms entre o barramento de dados e o de alimentação chamado de resistor de Pull-up, deste modo os dispositivos ficam ociosos em nível lógico alto até que o mestre coloque o barramento para nível lógico baixo.




Fonte:Picprojets (2018)
Figura 3: Disposição dos sensores na rede 1 – wire:

### 2.4 Hardware desenvolvido

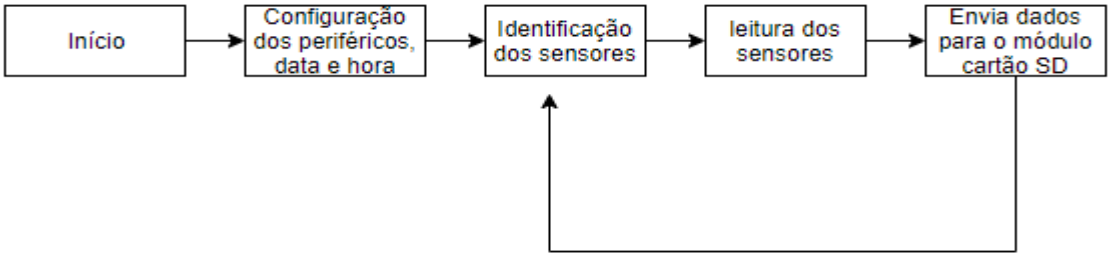
Para que a amostragem de temperatura de solo em diferentes profundidades fosse possível, desenvolveu-se um uma sonda de 50 cm que conta com 5 sensores DS18B20 posicionados a cada 10 cm. Para o comando dos sensores e processamento dos dados, foi utilizada a *Lauchpad TM4C123GXL* da *Texas Instruments* como plataforma de desenvolvimento a qual possui um microprocessador ARM Cortex M4. Foi utilizado um módulo de cartão SD conectado ao microcontrolador para efetuar o registro dos valores de temperatura obtido pelos sensores em um intervalo de tempo programável. A comunicação do módulo cartão SD com o microcontrolador acontece através do protocolo SPI (*Serial Peripheral Interface*). Para que as leituras decorressem em intervalos de tempo programáveis, utilizou-se um módulo RTC (*Real Time Clock*) que tem como interface de comunicação o protocolo I2C( *Inter-Integrated Circuit*). Desta forma é possível saber a hora e a data com que as leituras são realizadas. Para a alimentação do circuito foi utilizado um conjunto de baterias de Lítio de associadas em série totalizando 8.4V. Para que a tensão de alimentação fosse regulada em 5 V utilizou-se o regulador de tensão LM 7805.




Fonte: O autor (2018).
Figura 4: Diagrama de blocos do protótipo

## 2.5 Firmware

Neste Sistema de aquisição de dados de temperatura, o firmware é responsável por comandar todo o processo de aquisição, desde o controle do barramento 1-wire e dos sensores até o envio e gravação dos dados no módulo cartão SD. Para isto a programação deve seguir uma rotina de comandos. O código fonte para este projeto foi desenvolvido no compilador IAR EMBEDDED WORKBANK v.8 IDE ARM. A Fig. 5 mostra o firmware através de um fluxograma contendo as etapas do processo de aquisição.

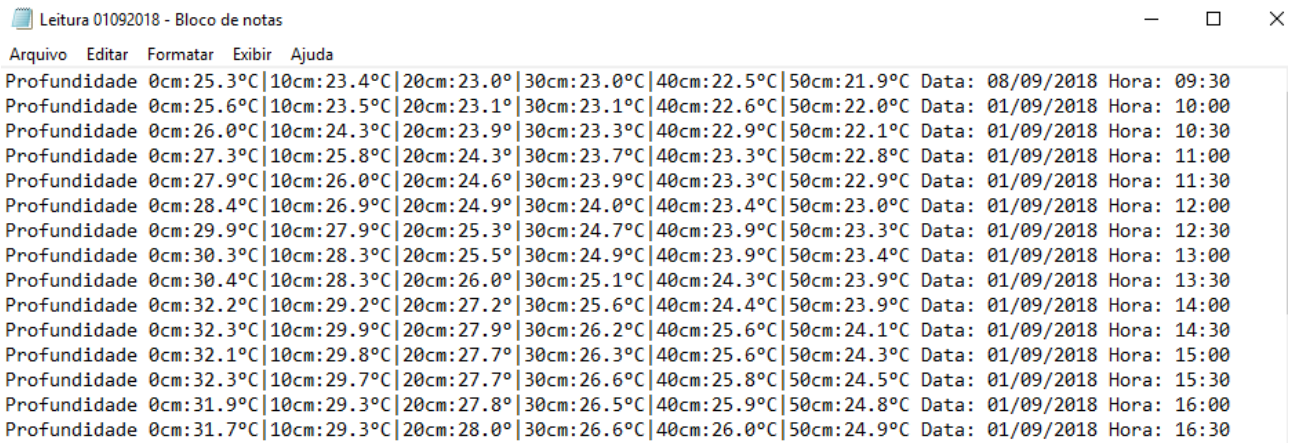



Fonte: O autor (2018)
Figura 5: Fluxograma de firmware

O processo de leitura é executado a cada 30 minutos e são gravados no cartão SD em formato de texto(.txt), a temperatura em sua respectiva profundidade no solo, bem como a data e a hora com que aconteceu a leitura. O processo é interrompido caso a capacidade de armazenamento da memória é atingida.

## 2.6 Resultados

A partir dos dados gravados pelo microcontrolador no cartão SD em formato .txt, tornou-se possível a análise dos mesmos em computador, o que dispensa a necessidade de acompanhamento durante o processo de medição, como pode ser visto da Fig. 6.



Leitura 01092018 - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

```
Profundidade 0cm:25.3°C|10cm:23.4°C|20cm:23.0°|30cm:23.0°C|40cm:22.5°C|50cm:21.9°C Data: 08/09/2018 Hora: 09:30
Profundidade 0cm:25.6°C|10cm:23.5°C|20cm:23.1°|30cm:23.1°C|40cm:22.6°C|50cm:22.0°C Data: 01/09/2018 Hora: 10:00
Profundidade 0cm:26.0°C|10cm:24.3°C|20cm:23.9°|30cm:23.3°C|40cm:22.9°C|50cm:22.1°C Data: 01/09/2018 Hora: 10:30
Profundidade 0cm:27.3°C|10cm:25.8°C|20cm:24.3°|30cm:23.7°C|40cm:23.3°C|50cm:22.8°C Data: 01/09/2018 Hora: 11:00
Profundidade 0cm:27.9°C|10cm:26.0°C|20cm:24.6°|30cm:23.9°C|40cm:23.3°C|50cm:22.9°C Data: 01/09/2018 Hora: 11:30
Profundidade 0cm:28.4°C|10cm:26.9°C|20cm:24.9°|30cm:24.0°C|40cm:23.4°C|50cm:23.0°C Data: 01/09/2018 Hora: 12:00
Profundidade 0cm:29.9°C|10cm:27.9°C|20cm:25.3°|30cm:24.7°C|40cm:23.9°C|50cm:23.3°C Data: 01/09/2018 Hora: 12:30
Profundidade 0cm:30.3°C|10cm:28.3°C|20cm:25.5°|30cm:24.9°C|40cm:23.9°C|50cm:23.4°C Data: 01/09/2018 Hora: 13:00
Profundidade 0cm:30.4°C|10cm:28.3°C|20cm:26.0°|30cm:25.1°C|40cm:24.3°C|50cm:23.9°C Data: 01/09/2018 Hora: 13:30
Profundidade 0cm:32.2°C|10cm:29.2°C|20cm:27.2°|30cm:25.6°C|40cm:24.4°C|50cm:23.9°C Data: 01/09/2018 Hora: 14:00
Profundidade 0cm:32.3°C|10cm:29.9°C|20cm:27.9°|30cm:26.2°C|40cm:25.6°C|50cm:24.1°C Data: 01/09/2018 Hora: 14:30
Profundidade 0cm:32.1°C|10cm:29.8°C|20cm:27.7°|30cm:26.3°C|40cm:25.6°C|50cm:24.3°C Data: 01/09/2018 Hora: 15:00
Profundidade 0cm:32.3°C|10cm:29.7°C|20cm:27.7°|30cm:26.6°C|40cm:25.8°C|50cm:24.5°C Data: 01/09/2018 Hora: 15:30
Profundidade 0cm:31.9°C|10cm:29.3°C|20cm:27.8°|30cm:26.5°C|40cm:25.9°C|50cm:24.8°C Data: 01/09/2018 Hora: 16:00
Profundidade 0cm:31.7°C|10cm:29.3°C|20cm:28.0°|30cm:26.6°C|40cm:26.0°C|50cm:24.9°C Data: 01/09/2018 Hora: 16:30
```

Fonte: O autor (2018)
Figura 6: Dados de temperatura gravados no cartão SD.

## 3. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente projeto possibilitou uma análise muito satisfatória sobre o monitoramento de temperatura do solo. Utilizando os estudos sobre os sensores de temperatura, protocolos de comunicação e microcontrolador foi possível fazer a coleta, processamento de dados, testes e desenvolvimento de um protótipo para a solução proposta. Também pode-se constatar que o sensor DS18B20 ao utilizar a tecnologia 1-Wire apresenta uma grande vantagem em comparação aos sensores analógicos, pois se para o mesmo propósito fossem usados, seriam necessários cinco canais conversores A/D (Analógico/Digital) do microcontrolador ou circuitos multiplexadores. Já com os dispositivos utilizados neste projeto foram poupados estes recursos otimizando ainda mais o hardware. Além disso, foi comprovada a importância de tal dispositivo de monitoramento agro meteorológico, de modo que possa contribuir para melhoramento dos cultivos e rendimento na produção.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, Luis Roberto; SENTELHAS, Paulo Cesar; PEREIRA, Antonio Roberto. Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas. **Guairá: Agropecuária**, 2002.

DALLAS SEMICONDUCTOR. **DS1820: 1-wire digital thermometer**. Disponível via URL: http://www.maxim-ic.com. Consulta realizada em agosto de 2018.

DERPSCH, Rolf; SIDIRAS, Nikolaos; HEINZMANN, Franz X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

UFSM. **Agricultura Familiar e Sustentabilidade:** Aroclimatologia. Santa Maria: [s.n.], 2014.

TAYLOR, H.R. **Data acquisition for sensor systems**. London: Chapman & Hall, 1997. 327p.

## 5. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DOSADOR ELETRÔNICO DE FERTILIZANTES PARA MORANGOS

**Eduardo Pedó Gutkoski**
**José Augusto Canton**
**Amauri Fagundes Balotin**
**Luiz Eduardo Schardong Spalding**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
111300@upf.br; 142692@upf.br; amauribalotin@gmail.com; spalding@upf.br;

***Resumo.*** *Inovações tecnológicas estão presentes na agricultura, entre elas o uso de recursos de computação, eletrônica e sensoriamento. Visando contribuir com produtores e auxiliar pesquisadores, esse trabalho apresenta um sistema de dosagem de fertilizantes para morangos. O trabalho é focado no cultivo semi-hidropônico com estufa e utilizando fertirrigação com o método de gotejamento. O equipamento realiza a mistura de fertilizantes com água nas dosagens adequadas para cada época. Para isso, o equipamento utiliza as placas eletrônicas Raspberry Pi 3 e TM4C123GXL, além de outros dispositivos periféricos de hardware para sensoriamento. O controle das quantidades de fertilizantes será realizado a partir de uma interface gráfica web. Os dados sensoriais e de dosagens estarão disponíveis em um banco de dados para serem consultados pelo usuário, agricultor ou pesquisador.*

***Palavras-chave:*** *Dosador fertilizantes, Sensores, Sistema embarcado, Morango.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Antunes e Reisser Junior (2007), a produção de morangos no Brasil possui grande importância social e nos últimos anos está incorporando novas tecnologias, sendo o país o terceiro maior produtor de frutas no mundo. A cultura de morangueiro é uma cultura com boa rentabilidade para o produtor. No Brasil, tal cultura tem melhorado a qualidade de vida de produtores, um exemplo disso é a região do município de Feliz, no Rio Grande do Sul. Nesta região, a cultura do morango estava decaindo e ações da Embrapa e Emater conduziram os agricultores a uma nova forma de plantar morangos em estufas utilizando substrato, sacos plásticos e mesas de plantação (Calvete, 2000).

Três fatores são fundamentais para o bom desenvolvimento da cultura do morango: luminosidade, nutrição e ventilação. Através da luminosidade, a planta realiza a fotossíntese e obtém maior parte da energia necessária ao seu desenvolvimento, enquanto que a outra parte da energia é obtida através dos nutrientes absorvidos no solo. Para os frutos do morango crescerem com qualidade, a planta deve receber todos os nutrientes denominados macro e micronutrientes, necessários para seu desenvolvimento. A estufa deve ter uma boa ventilação para diminuir a temperatura interna e também reduzir a possibilidade de ataques por ácaros ou outros insetos (Pagnan e Monegat, 2015).

Foram pesquisados tipos de fertilizantes e dosagens de micronutrientes e macronutrientes. Essas dosagens são alteradas dependendo do momento de ciclo de vida do morangueiro. Para facilitar a vida do produtor, reduzir custos e evitar erros, planejamos uma forma de utilizar equipamentos eletrônicos para fazer a mistura de fertilizantes com a água nas dosagens adequadas para cada época. Neste trabalho desenvolvemos um produto eletrônico que realizará essa tarefa como uma opção tecnológica para o agricultor e também para o pesquisador.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Cultivo do morango em ambiente protegido

O uso de estufas plásticas na produção agrícola é muito recente no Brasil. A tecnologia de produção utilizando estufas é amplamente consolidada em países como Espanha, Itália, Holanda, França, Japão e Estados Unidos (Calvete, 2000). A utilização de ambientes protegidos na cultura do morangueiro tem o objetivo de proteger a cultura das baixas temperaturas por ocasião da floração e frutificação e das chuvas durante o período da colheita. Assim diminuindo a incidência de doenças foliares e podridões nos frutos (Martín, 1989).

O cultivo do morangueiro evoluiu com a introdução de novas técnicas e cultivares mais adaptadas às condições brasileiras (Castelane, 1993). Essas técnicas dizem respeito ao uso de filmes de cobertura do solo (*mulching*), de túneis

de cultivo forçado e de irrigação por gotejamento. Atualmente, evoluíram para fertirrigação, troca de túneis baixos pelos tuneis altos, estufas e cultivo semi-hidropônico em substratos verticais ou horizontais em solução nutritiva (Calvete, 2000). As tecnologias hoje utilizadas visam aumentar a produtividade e a lucratividade do morangueiro.

#### 2.1.1 Irrigação do morangueiro

O método mais eficiente para fornecer água ao morangueiro é o sistema de irrigação por gotejamento, pois possui maior eficiência em razão da grande economia de água. Consiste em tubulações equipadas com gotejadores para cada planta, com uma bomba puxando água e fornecendo-a gota a gota até a base da planta (Klein, 2005).

#### 2.1.2 Fertirrigação

A fertirrigação caracteriza-se pela adubação do plantio a partir de fertilizantes solúveis dissolvidos na água de irrigação, no cultivo semi-hidropônico as adubações podem ser feitas via fertirrigação, sem necessidade de adubação convencional. A sua aplicação visa prover os nutrientes certos nas quantidades corretas, o mais próximo possível ao estádio fisiológico em que o nutriente é necessário (Guedes, 2015).

### 2.2 Plataformas de desenvolvimento

Podem ser caracterizadas por dispositivos que possuem um microcontrolador programável através de uma IDE (Ambiente de desenvolvimento integrado) ou sistema operacional. São projetados em placas de circuito impresso com diversos periféricos de hardware que podem ser configurados ou utilizados dependendo do objetivo do projeto.

Quando o projetista escolhe uma plataforma de desenvolvimento, existem diversos fatores a ser considerados para selecionar o dispositivo. Dentre os fatores estão número de entrada e saídas digitais e analógicas da GPIO (*general purpose input/output*) da placa; número de bits processados; se possui ADC para converter entradas analógicas em digitais; capacidade de conexão com modulares; baixo consumo de energia; modulador de pulso de saída para aplicações de controle; capacidade da memória EEPROM e RAM e formas de conectividade para comunicação (Valvano, 2011). Na Fig. 1 mostra-se as plataformas de desenvolvimento que serão utilizadas no projeto.

Figura 1: Plataformas de desenvolvimento utilizadas no projeto, da esquerda para direita, TM4C123GXL e Raspberry pi 3.

### 2.3 Sensoriamento

#### 2.3.1 Sensor higrômetro de ambiente

São módulos digitais que possuem integrado um sensor de temperatura e de umidade relativa do ar. O DHT22 (Fig. 2) inclui um sensor capacitivo para medir umidade e medidor de temperatura de alta precisão conectados a um microcontrolador de 8 bits. Os coeficientes de calibração são armazenados no microcontrolador, possui uma interface de barramento padrão para uma fácil e rápida integração com o sistema. Apresenta um tamanho compacto, baixo consumo de energia e transmite dados a uma distância de até 20 metros (Aosong co., s.d.).

#### 2.3.2 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura escolhido foi o DS18B20 (Fig. 2). É um termômetro digital que possui resolução de 9 bits a 12 bits para a temperatura de saída. Possui precisão de 0.5ºC para temperaturas de -10ºC à 85ºC, medindo temperaturas de -55ºC a 125ºC. Utiliza a tecnologia *1-Wire*, a qual necessita apenas de um fio de informação e um terra para comunicar-se com a plataforma de desenvolvimento. Cada sensor possui um código serial de 64 bits único, o que possibilita usar múltiplos DS18B20 funcionando no mesmo *1-Wire*, sendo simples controlar vários sensores distribuídos com um microcontrolador (Maxim Integrated Products, 2015).

### 2.3.3 Sensor de Capacitância

O sensoriamento capacitivo com relação ao terra é uma técnica de baixo custo, alta resolução e baixo consumo que pode ser aplicada em uma variedade de aplicações, como por exemplo sensores de proximidade até sensores de nível de liquido. O circuito integrado FDC1004 (Fig. 2) é um conversor de capacitância para valor digital de 4 canais, onde cada canal possui escala de +-15pF, ainda possuindo uma compensação de 100pF, a qual pode ser programada internamente. Inclui também blindagem ativa, que pode ser usada para reduzir os efeitos de interferências eletromagnéticas externas. A comunicação com o sensor é feita via protocolo i2c (Texas Instruments, 2014).

Figura 2: sensores utilizados no projeto, da esquerda para direita: DHT22 (sensor higrômetro de ambiente), DS18B20 (termômetro digital) e FDC1004 (Circuito integrado conversor de capacitância em valor digital).

### 2.4 Servidor Web

O servidor web será utilizado para criar a interface gráfica e armazenar os dados de sensores em um banco de dados. A interface gráfica para controlar o projeto será desenvolvida em html. O servidor será criado com a plataforma Node.js, a qual estará sendo executada no Raspberry pi 3. O banco de dados que se comunicará com o servidor será o MongoDB.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para melhor entendimento do projeto, a Fig. 3 mostra dois diagramas, sendo o primeiro um diagrama geral de funcionamento e a Fig. 4 detalha como é controle do dosador. O protótipo estará localizado dentro de uma estufa de cultivo semi-hidropônico de morangos.

### 3.1 Diagrama geral de funcionamento do projeto

Considera-se inicialmente que a estufa deve conter uma rede *Ethernet* ou *Wireless* implementada além de uma alimentação de 110 ou 220 volts nas proximidades. O projeto utilizará duas plataformas de desenvolvimento, a Raspberry Pi 3 e TM4C123GXL. A primeira será o sistema que hospedará o servidor web, a interface gráfica do usuário e armazenará os valores dos sensores no banco de dados utilizando o Node.js. Já a segunda plataforma realizará medições com sensores além do controle do dosador e monitoramento dos motores.

As duas plataformas estarão conectadas através de comunicação serial UART full duplex, ou seja, ambas irão enviar e receber informações. O microcontrolador TM4C123GXL enviará informações dos sensores na plantação para serem armazenados no banco de dados. Já o Raspberry enviará comandos para o TM4C123GXL executar as funções do dosador de fertilizantes, controlando os motores e realizando a dosagem correta. Esse controle será feito através da interface gráfica em html, a qual poderá ser acessada pela rede sem fio local.

O protótipo também faz medidas de alguns fatores do ambiente no sensoriamento, como temperatura do tanque de água, temperatura e humidade ambiente no local e temperatura do solo na plantação. Esses dados poderão ser visualizados através de gráficos na página html em rede local acessando o endereço ip local do Raspberry na porta 3000. Os gráficos foram criados com a biblioteca *chart.js.*

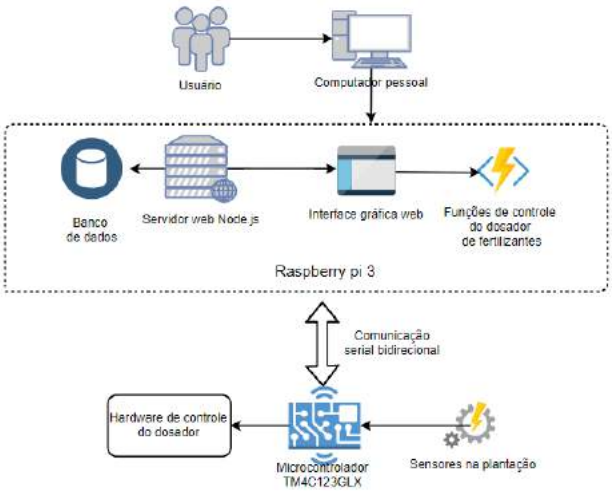



Figura 3: Diagrama geral de funcionamento do projeto.

### 3.2 Diagrama de funcionamento de controle do dosador

O diagrama da Fig. 4 mostra as principais ações para dosar quantidades de fertilizantes líquidos macronutrientes e micronutrientes para serem depois misturados em um tanque de água. O sistema foi projetado para uma plantação de 20 mudas de morangos, considerando que cada muda necessite de até 1 litro de água, a proporção de quantidade de fertilizante e água foi calculada baseando-se na folha de dados do fabricante de fertilizantes. Os fertilizantes serão depositados no recipiente dosador utilizando bomba peristáltica, onde o pote do fertilizante terá o tubo vindo até o dosador. O acionamento dos motores será realizado através de chaveamento de um transistor mosfet, utilizando uma saída do microcontrolador.

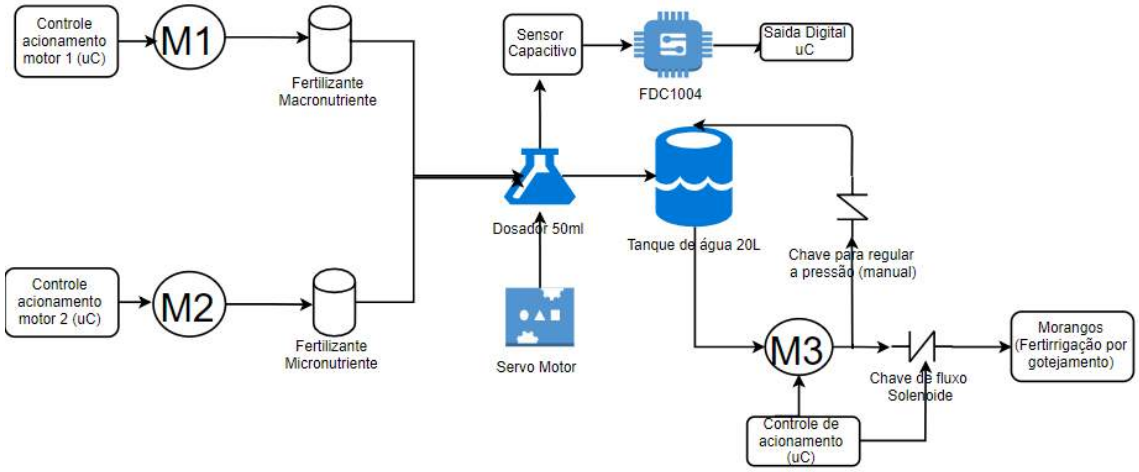



Figura 4: Diagrama de hardware para controle do dosador.

A dosagem será medida com um sensor capacitivo no pote do dosador (Fig. 5), utilizando a topologia de placas paralelas, na qual um dos eletrodos é conectado com um sinal de excitação e o segundo é conectado ao terra (GND). O sensor não faz contato com o liquido, sendo possível utilizá-la para estimar o nível de liquido no recipiente remotamente (Fig. 6). O sensor funciona no princípio de medir o efeito de borda entre o eletrodo do sensor de nível e a placa aterrada. A maior limitação nesse tipo de sensoriamento é a presença de interferências externas de outros dispositivos eletrônicos, produzindo erros no resultado.

É muito importante desenvolver o esquemático do sensor minimizando as distancias de conexão com as entradas do circuito integrado. Assim é aconselhável pelo fabricante desenvolver o sensor numa placa de circuito impresso junto com o fdc1004. O recomendado pelo fabricante é utilizar três eletrodos sendo o primeiro de referência de liquido (RL), o qual leva em conta as medidas dielétricas de diferentes líquidos, o segundo é o referencial do meio ambiente (RE) que é posicionado acima do nível de liquido máximo e faz medidas do meio ambiente e por fim o de nível de liquido, nota-se que o tamanho de RE e RL precisam ser o mesmo. Na parte posterior da placa, é importante fazer uma blindagem envolvendo os eletrodos para reduzir efeitos de interferência externa.

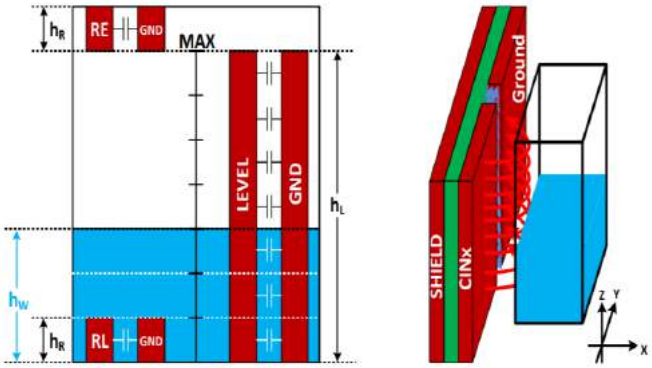



Figura 5: Sensor de nível capacitivo. Nota-se os três eletrodos RE, RL e de nível, também o uso de uma blindagem atrás do sensor. Figura adaptada de (Texas Instruments, 2014)

Para calcular o nível de liquido é possível utilizar a equação 1, descrita no datasheet do fabricante (Texas Instruments, 2014).

$$Nivel = hRL * \frac{Cnivel - Cnivel(0)}{C_{RL} - C_{RE}} \quad (1)$$

Onde:
hRL = unidade de altura de referência do sensor de liquido (geralmente 1)
Cnivel = capacitância do sensor de nível.
Cnivel (0) = capacitância do sensor de nível quando não há liquido presente.
CRL = capacitância do sensor de referência de liquido.
CRE = capacitância de referência do sensor do meio ambiente.

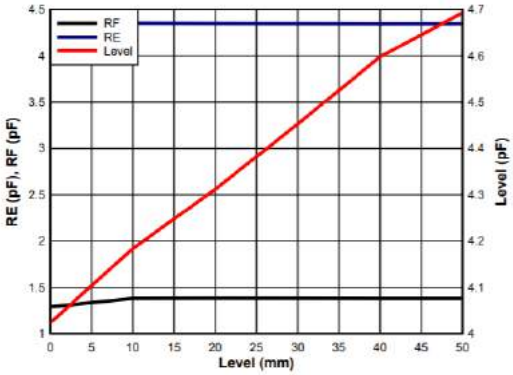



Figura 6: Gráfico esperado após a calibração do sensor. Figura adaptada de (Texas Instruments, 2014)

Após estimar o nível de fertilizante no recipiente, de 10ml a 50ml, o servo motor acoplado irá despejá-lo no tanque de água de 20 litros. A solução é conduzida para a linha de gotejamento após a energização de uma chave de fluxo solenoide de 12 volts. Para fazer pressão para a solução avançar na tubulação, é utilizado mais uma pequena bomba hidráulica de 12 volts (M3 da Fig. 4). A vazão adequada para o gotejamento é regulada pela válvula manual que leva parte da água da linha de gotejamento de volta para o tanque de 20 litros.

## 4. RESULTADOS

Antes de utilizar o método capacitivo para leitura de nível, testamos um outro método, que utilizava medição de variação de tensão de um circuito resistivo em série, cuja resistência variada com a coluna de liquido em contato com a conexão destes resistores, onde a cada 10ml havia um resistor, como o liquido fertilizante é um bom condutor elétrico era possível medir a diferença de potencial dos pontos e traduzir essa informação com um ADC para o microcontrolador processá-la. Porém, o principal problema desse método era que havia eletrodos em contato com o fertilizante, e em alguns dias o eletrodo oxidava.

Depois teve-se a ideia de medir o nível de liquido com capacitância, o primeiro sensor construído foi feito com fitas de cobre de 3mm de espessura, uma conectada na entrada do fdc1004 e a outra no referencial aterrado, sem blindagem em volta. Foi possível medir a diferença de capacitância de acordo com o nível de liquido, porém o sensor era bem suscetível a interferências da bomba peristáltica, quando ligávamos o motor, o sensor parava de responder. Também um problema era a capacitância parasita causada pelo comprimento dos fios utilizados.

A maior dificuldade para ler dados consistentes oriundos do sensor capacitivo está em desenvolver uma forma de diminuir a capacitância parasita e as interferências eletromagnéticas de outros dispositivos na construção do sensor que será acoplado ao recipiente dosador, por essa razão, ainda está em desenvolvimento o sensor capacitivo. O próximo teste será desenvolver uma placa de circuito impresso acoplada ao pote do dosador, inserindo também uma blindagem na parte posterior da placa. Assim, é possível proteger o sinal de interferências e também reduzir a capacitância parasita de fios.

Até o momento, foram desenvolvidos o firmware para leitura dos sensores, controle das bombas peristálticas, comunicação serial com o Raspberry e o de leitura de dados no fdc1004. O servidor web já foi desenvolvido e testado, é possível gravar dados no banco de dados e visualiza-los em gráficos na página em html e também controlar o projeto através da interface gráfica.

## 5. CONCLUSÃO

Para facilitar o trabalho do produtor e também do pesquisador informando a quantidade de fertilizantes utilizados na plantação, além de outros dados, foi pensado essa alternativa aos demais sistemas existentes no mercado. No futuro, a ideia é que este projeto se junte com outros projetos de sistemas embarcados e computação desenvolvidos na Universidade de Passo Fundo relacionados a morangueiros para criar uma solução mais completa para o produtor e lançar um produto no mercado. Este projeto faz parte do trabalho de conclusão de curso de engenharia elétrica, sendo prevista a conclusão para dezembro de 2018.

## 6. REFERÊNCIAS

*ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C. Caracterização da produção de morangos no Brasil, Pelotas - RS, 2007.*

*AOSONG CO. Temperature and humidity module AM2302 Product manual. Akizukidenshi, s.d. <https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/AM2302.pdf>.*

*CALVETE, E. O. Morangueiro em ambiente protegido. Passo Fundo: UPF Editora, 2000.*

*CASTELLANE, P. D. Nutrição e adubação do morangueiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS., Jaboticabal, 1993. 261-279.*

*GUEDES, I. M. R. Uso do plástico na agricultura protegida. Embrapa, 01 jan. 2015. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3230175/uso-doplastico-na-agricultura-protegida>.*

*KLEIN, V. A. Propriedades do solo e manejo da água em ambientes protegidos com cultivo de morangueiro e figueira. Passo Fundo: UPF Editora, v. 1, 2005.*

*MARTÍN, M. V. Los plásticos em la proteción del cultivo del fresón. Plasticulture, Buenos Aires, v. 82, n. 2, p. 362-364, 1989.*

*MAXIM INTEGRATED PRODUCTS. DS18B20, 2015. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.*

*PAGNAN, H. A.; MONEGAT, V. Revista campo e negocios, 2015. <http://www.revistacampoenegocios.com.br/morango-cultivado-em-substrato-ou-em-semihidroponia/>.*

*TEXAS INSTRUMENTS. FDC1004 4-Channel Capacitance-to-Digital Converter for Capacitive Sensing Solutions, 2014. < http://www.ti.com/lit/ds/symlink/fdc1004.pdf >.*

*VALVANO, J. Embedded microcomputer systems: real time interfacing. Stanford CA: EUA: Cengage Learning, 2011.*

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído nesse artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SISTEMA DE MEDIÇÃO DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

**J. P. Silveira**
Grupo de Pesquisa em Motores, Combustíveis e Emissões (GPMOT), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
juliano.p.silveira@gmail.com

**M. Rohrig**
Grupo de Pesquisa em Motores, Combustíveis e Emissões (GPMOT), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
marcelo.rohrig@gmail.com

**G. Y. Zulian**
Grupo de Pesquisa em Motores, Combustíveis e Emissões (GPMOT), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
guilherme.zuliaan@gmail.com

**V. L. Junior**
Grupo de Pesquisa em Motores, Combustíveis e Emissões (GPMOT), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
valdemirdelimajunior@hotmail.com

**T. Lanzanova**
Grupo de Pesquisa em Motores, Combustíveis e Emissões (GPMOT), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
lanzanova@gmail.com

**M. Dalla Nora**
Grupo de Pesquisa em Motores, Combustíveis e Emissões (GPMOT), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
mack@gepoc.ufsm.br

**M. E. S. Martins**
Grupo de Pesquisa em Motores, Combustíveis e Emissões (GPMOT), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
mario@mecanica.ufsm.br

***Resumo.*** *Em virtude de uma maior conscientização econômica e ambiental, veículos automotores tem apresentado uma evolução constante nas últimas décadas no que tange a consumo de combustível e emissões de gases. Com leis governamentais mais rigorosas no controle de emissão de gases e consumo de combustível, a pesquisa aplicada a motores de combustão interna mais eficientes tem exigido o aparelhamento de centros de pesquisa, empresas e universidades. Tendo em vista o elevado custo de aquisição de equipamentos para testes em motores, particularmente devido ao baixo volume de mercado, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema para medição mássica de consumo de combustível líquido que atrela baixo custo, alta eficiência e versatilidade. O equipamento conta com uma célula de carga para a medição mássica, um sistema hidráulico para transportar o combustível até o motor de combustão interna e um sistema de automação que possibilita o controle do equipamento via software, integrando o equipamento a arranjos experimentais (e.g. célula de testes). Ensaios foram realizados para validação do equipamento, se mostrando menos suscetível a erro humano comparado ao sistema de medição volumétrica por bureta largamente utilizado.*

***Palavras-Chave:*** *medição, consumo de combustível, automatização, motores de combustão interna.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Eficiência Energética, a sociedade moderna está atrelada a energia para exercer suas atividades profissionais e sociais (INEE, [2018]). Veículos estão convergindo para uma melhora da eficiência seguindo diretrizes globais de redução de emissões de CO2 (Costa et al, 2016). É esperado que até 2040 a demanda global por energia tenha um aumento de 45%, porém sem avanços tecnológicos com o intuito de aumentar a eficiência de motores de combustão interna (MCI), essa demanda deverá ser o dobro que o esperado (ExxonMobil, 2018).

Nesse contexto, faz-se necessário sistemas de instrumentação que atrelem eficiência, baixo custo de manutenção e de aquisição a serem empregados na pesquisa e desenvolvimento de MCI's. Para tal fim, foi desenvolvido um dispositivo de medição mássica de consumo de combustível líquido assistido por software com custo muito inferior ao similar no mercado (e.g. AVL Fuel Balance - R$ 110.000,00; Endress+Hauser Coreolis R$50.000,00; AVL PLU R$32.000,00). Além de precisão e velocidade de aquisição de dados superior ao sistema de medição convencional por buretas, o dispositivo pode facilmente ser indexado em sistemas de automação previamente instalados em células de testes.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O dispositivo de medição de consumo de combustível pode se dividido em três partes: sistema eletro-hidráulico para o controle de vazão do combustível, placa de controle e aquisição de dados, e software de controle e processamento de dados.

O sistema eletro-hidráulico consiste na parte física do dispositivo, que foi disposto no interior de uma bancada com dimensões externas de 460 mm (largura) x 630 mm (altura) x 430 mm (profundidade). Na parte superior da bancada dispôs-se um reservatório de combustível com capacidade de 20 litros (a opção pela disposição do reservatório no exterior da bancada foi por questões de segurança, além do aproveitamento da ação gravitacional para condução do combustível até o arranjo interior). Um sistema de conectores hidráulicos rápidos foi utilizado. Mangueiras automotivas resistentes à corrosão por gasolina e etanol, com diâmetro interno de 7,93 mm (5/16 polegadas), foram utilizadas. Um bulbo de combustível líquido foi utilizado para escorvar a linha de combustível. Um filtro de combustível líquido automotivo foi instalado posteriormente/anteriormente ao bulbo. Duas válvulas solenoides de 12 V foram utilizadas para que o sistema possa trabalhar em seus dois estados fundamentais: estado de livre passagem e estado de medição.

A medição mássica foi realizada com uma célula de carga com precisão de 0,01 g e limite de 1000 g. Essa foi sincronizada com o software desenvolvido para processamento das informações. Sobre a célula de carga, foi anexado um reservatório para combustível líquido em aço carbono (capacidade de 1 L) abastecido por um tubo de alumínio em curva que conduzia o combustível até o fundo do reservatório, evitando variações bruscas nas leituras da balança. No interior do copo também foi inserido um sensor de posição do tipo *reed switch* formado por um imã e um tubo, a fim de evitar que o combustível ultrapasse certo nível de altura dentro do copo. Uma bomba elétrica de combustível automotiva 12 V foi utilizada para pressurizar o combustível na linha de pressão enquanto um regulador de pressão mecânico (350 KPa) foi utilizado para controle da pressão de injeção de combustível. O arrefecimento do combustível na linha de pressão foi realizado com uma serpentina de cobre com 8 mm de diâmetro interno e aproximadamente 1,10 m de comprimento. As conexões das mangueiras hidráulicas foram feita através de espigões. A alimentação do sistema elétrico é realizada por uma fonte chaveada 12 V 29 A, ligada em uma tomada convencional 220 V. Cabos isolados foram utilizados para a parte de sensoriamento com o intuito de reduzir interferência eletromagnética, e fios simples de 2,5 mm² para a parte de potência.

Uma placa de aquisição e controle (PAC) foi confeccionada para atuar sobre os componentes do sistema elétrico. Ela contém um módulo conversor analógico para digital (ADC) HX711 (Avia Semiconductor, [2018]), próprio para células de carga, um Arduino Nano para controle e aquisição do sinal do módulo conversor, além de componentes periféricos como relés.

Foi desenvolvido um programa (*firmware*) em linguagem C++ na plataforma Arduino para gerenciar as entradas e saídas de controle da PAC. A estrutura do *firmware* para recebimento de comandos foi projetada a fim de receber comandos em formato ASCII (American Standard Code II), comum a equipamentos que trabalham com comunicação serial RS232 (Horowitz e Hill, 2017), assim podendo ser operada por qualquer software que trabalhe nessa estrutura. A Fig. 1 apresenta um diagrama esquemático dos componentes eletro-hidráulicos unidade.

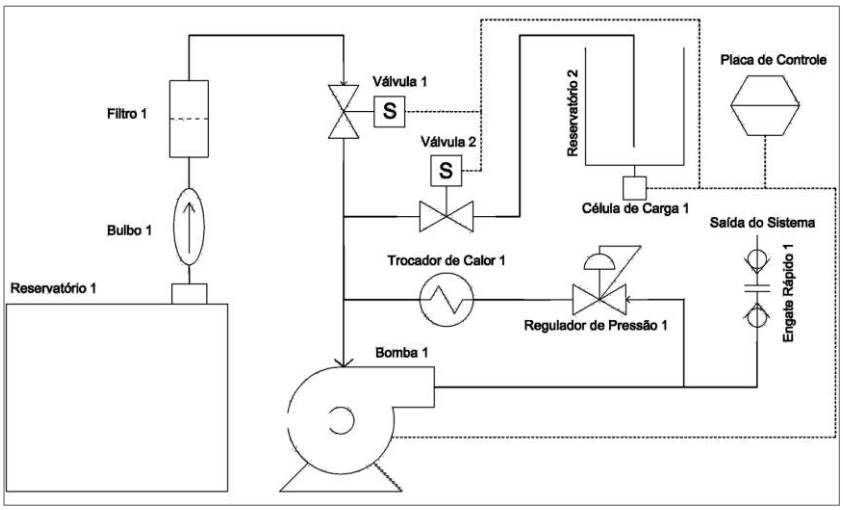



Figura 1. Diagrama eletro-hidráulico do sistema.

Foi desenvolvido um software que interliga a placa de controle a um computador para o controle do sistema em modo de trabalho individual. Esse software fornece ferramentas para controle de estados do processo, verificação de funcionamento, salvamento de dados, análise de dados e calibração do sistema. O software foi desenvolvido em linguagem C# e conta com algoritmos de correção de erros. A Fig. 2 apresenta o layout do programa desenvolvido. O programa foi desenvolvido utilizando a língua inglesa, pois esta é a língua predominante nos equipamentos para testes em motores.

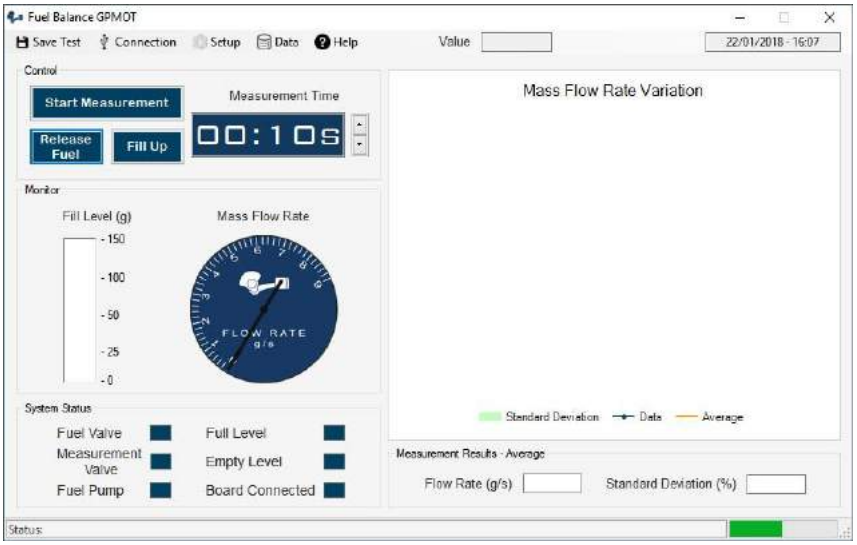



Figura 2. Ilustração do software de aquisição e controle do

A aferição da célula de carga foi feita com base em pesos calibrados conhecidos a fim de gerar o coeficiente de ajuste de uma aproximação linear dos dados obtidos. Partindo do preceito que a célula de carga responde linearmente dentro de uma faixa de medição, o algoritmo coletou os pontos obtidos pelo ADC e os selecionou pelo método da derivada numérica (Chapra e Canale, 2016), conforme a Eq. (1).

$$y' = y[n] - y[n-1] / x[n] - x[n-1] \quad (1)$$

Quando verifica-se uma variação anormal entre os dados, os mesmos que geraram a variação repentina são eliminados, assim contribuindo para a precisão do sistema. Para estabelecer o coeficiente da aproximação linear dos dados, foi utilizado o método dos mínimos quadrados (Balbinot e Brusamarello, 2006a). Utilizando o coeficiente angular, ele resultará diretamente na vazão mássica do sistema, conforme mostra a Eq. (2).

$$\dot{m} = (\sum xy - \sum x \cdot \sum y \cdot n^{-1}) / (\sum x^2 - (\sum x)^2 \cdot n^{-1}) \quad (2)$$

Sabendo que a célula de carga e o módulo ADC pode apresentar um fenômeno de deriva no sinal (Lattery e Nie, 2005), foi utilizado a correção por mínimos quadrados e derivada numérica para realizar o ajuste do sinal com base na variação do valor de massa com o sistema em vazão mássico igual a zero.

A configuração experimental, bem como a montagem e execução do protótipo foram realizadas no Grupo de Pesquisa em Motores, Combustíveis e Emissões (GPMOT) da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. Foram realizados testes, a priori, em um MCI Agrale M90 (instrumentado para ensaios dinamométricos em bancada laboratorial), e em um Fiat Siena 1.4 L com carga imposta por um dinamômetro de rolo, ambos no GPMOT.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados no motor Agrale visaram a validação da interface, processamento dos dados da célula de carga pelo software e funcionamento básico do sistema. Os testes realizados em veículo Fiat Siena visaram validar as correções feitas no software (após primeiros testes) e a validação do sistema eletro-hidráulico, sendo feitas comparações com o método de medição anteriormente utilizado pelo laboratório (medição em bureta convencional). Os testes do equipamento proposto em um veículo sobre dinamômetro de rolo visam à validação mais próxima de uma situação real. Posteriormente a validação das medições da célula de carga do conjunto foi realizada em balanças certificadas no Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento e a Inovação de Produtos e Processos, LADIPP – UFSM. Divergências foram averiguadas no processo de medição e forneceram valores para ajuste preciso do sistema. O teste baseou-se em coletar o combustível líquido que saía do sistema de medição em frascos e pesá-los em balança certificada, assim gerando um comparativo para verificação dos dados do sistema.

### 3.1. Aspectos Operacionais

Ao realizar o estudo de operação do sistema, no que se refere à parte hidráulica, a válvula principal (Fig. 1. “Válvula 1”) e a válvula de medição (Fig. 1. “Válvula 2”) apresentaram oscilações no fluxo de combustível em regime transiente. A mudança do sentido de fluxo de combustível, devido ao fechamento da válvula principal, resultava em uma oscilação percebida pela célula de carga. Essa transição era necessária devido ao tipo de operação escolhida, que consistia em alimentar o reservatório e logo em seguida começar o processo de medição. Para amenizar esse efeito, foi escolhida uma operação em que o operador pudesse alimentar o recipiente de medição e acionar a medição separadamente, assim amenizando o efeito de oscilação.

Com relação à manipulação do equipamento, os comandos para operação de acionamentos foram realizados por meio de 3 botões no software (Fig. 2). Logo, a operação do equipamento foi de fácil entendimento para usuários com recente capacitação. Em contra partida, o sistema de medição por buretas tem um fator associado que se refere a interferência humana no processo. A escolha de quando começar a medida e quando parar é de escolha do operador. Assim, a operação do cronômetro, essencial para saber a vazão volumétrica da bureta, tem uma resposta variável associada, contribuindo para o aumento das incertezas de medição. Dessa maneira, foi possível verificar que o sistema de bureta e cronômetro é mais suscetível a erros humanos que o sistema de medição de vazão mássica proposto.

### 3.2. Análise de Dados Coletados

Após a coleta dos dados dos testes de validação, com 10 medidas realizadas, foram feitas análises para constatar o funcionamento do sistema. O sistema proposto apresentou uma tendência a média aos dados de aferição do LADIPP. Dados comparativos obtidos através da bureta apresentaram tendência de varição próxima à do sistema proposto. Os dados da análise são apresentados na Fig. 3.

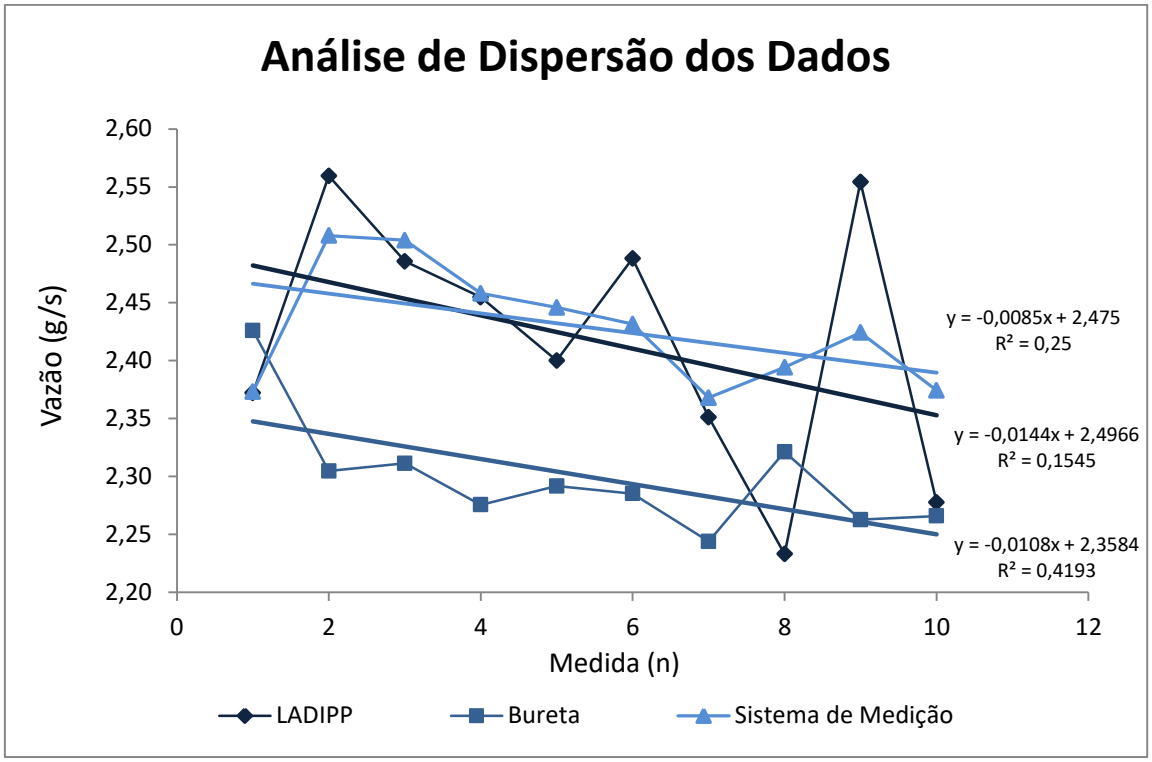



Figura 3. Diagrama da variação dos dados centrada na vazão determinada ao decorrer do tempo.

Com relação à incerteza do sistema comparado aos dados da bureta, o sistema proposto apresentou um valor de 2,06% a uma vazão mássica de 2,43 g/s e o sistema de bureta apresentou um valor de 2,17% a uma vazão mássica de 2,30 g/s. Além que, a vazão mássica média apresentada no LADIPP foi de 2,42 g/s, com um erro de 4,55%, assim, com uma variabilidade tendendo ao sistema de bureta e valores de vazões distintos, o sistema proposto mostrou-se mais próximo dos valores obtidos pela aferição.

### 3.3. Viabilidade do Sistema

O valor gasto em materiais e componentes foi de R$ 1.700,00, o qual é 85% inferior ao valor do similar comercial, no caso um medidor do tipo rotâmetro AVL®, de aproximadamente R$ 20.000,00, e cerca de 5,7 vezes mais caro que sistema de buretas utilizado atualmente no GPMOT, avaliado em R$ 300,00. Um resultado imprescindível é a viabilidade do protótipo, tendo em vista as variáveis mais levadas em consideração pelos usuários. O baixo custo de produção é um ponto importante quando se trata de viabilidade de ferramentas para laboratórios de pesquisa, sendo esse um quesito básico no desenvolvimento do produto em questão, o sistema de medição de vazão mássica de combustível se mostrou comercialmente acessível. O erro total apurado de aproximadamente 2% também é considerado um ponto imprescindível, afinal a precisão é um ponto chave para pesquisas em medições de consumo de combustíveis e similares. Já a praticidade na movimentação e instalação do protótipo também foram pontos levados em consideração, o sistema conta com engates rápidos anexos para facilitar a hospedagem da parte de hardware, na qual também se faz necessária a conexão de um USB em um dispositivo eletrônico. O software também é de fácil instalação e manuseio, além de ocupar pouca memória do dispositivo (inferior a 5 Mb).

## 4. CONCLUSÃO

Avaliando o sistema proposto, verificou-se que:

- A um baixo custo pode-se obter um custo-benefício satisfatório referente às soluções propostas pelas empresas citadas.
- O sistema conta com poucos elementos diferentes e de fácil manutenção.
- Apesar dos contras citados, o sistema pode ser uma solução para institutos de pesquisa e desenvolvimento de MCI's em comparação com o sistema de medida de vazão volumétrica por bureta.

Futuros testes serão realizados perante a um equipamento destinado à medição de vazão mássica de combustível líquido em motores de combustão interna de uma das empresas previamente citadas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal de Santa Maria pelo auxílio estudantil através do Fundo de Incentivo à Extensão (FIEX), Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS). Agradecemos a ajuda com a usinagem dos componentes a Roberto Antonio Garlet, técnico do GPMOT.

## 6. REFERÊNCIAS

Avia Semiconductor (China). 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales. 2. ed. [s.i]: Avia Semiconductor, [2018]. 9 p. Disponível em: <http://www.aviaic.com/Download/hx711F_EN.pdf.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2018.

Balbinot, A.; Brusamarello, V. J.; Instrumentação e Fundamentos de medidas. First Ed. Volume 1. Editora LTC, 2006.

Chapra, Steven C.; Canale, Raymond P.. Métodos Numéricos para Engenharia. 7. ed. Porto Alegre: Amgh, 2016. 846 p.

Costa, V. L. L., Pontes, M. G. S. R., Caetano, Rebeca G. D. "Energy efficiency electric motor systems: Motor replacement analysis — A case study". 2018 Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE).

ExxonMobil. 2018 Energy & Carbon Summary; Positioning for a Lower-Carbon Energy Future. 2018.

Horowitz, Paul; Hill, Winfield. A Arte da Eletrônica: Circuitos Eletrônicos e Microeletrônica. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017. 1192 p.

Instituto Nacional De Eficiência Energética (INEE). Brasil. O que é eficiência energética? [2018]. Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em: 30 ago. 2018.

Lattery, Colm; Nie, Mariah. A Reference Design for High-Performance, Low-Cost Weigh Scales. [s.i.]: Analog Dialogue, 2005. Disponível em: <http://www.analog.com/media/en/analog-dialogue/volume-39/number-4/articles/a-reference-design-for-weigh-scales.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2018.

S. Murty, R.R. Russell, S.B. Levkov; "On modeling pollution-generating Technologies" J Environ Econ Manage, 64 (2012), pp. 117-135

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DE UM OXÍMETRO DE PULSO PORTÁTIL

**Marçal Paintinger de Figueiredo**
**Camila Sampaio dos Reis**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
046324@aluno.uricer.edu.br, camilareis@uricer.edu.br

***Resumo:*** *Considerando implementar um dispositivo biomédico para monitorar parâmetros biomédicos é proposto o desenvolvimento de um oxímetro de pulso portátil. A técnica para determinação dos sinais fisiológicos é a fotoplestimografia que permite capturar a saturação arterial de forma contínua, segura e não invasiva. Nessa perspectiva, foi implementado um oxímetro de pulso portátil de forma não invasiva considerando inicialmente a aquisição do sinal analógico para posterior conversão digital. Foi possível comprovar o funcionamento do protótipo em bancada experimental, bem como, por meio de simulação nos aplicativos Proteus e Psim, como forma de comparar o seu funcionamento através da aquisição do sinal, além de verificar o funcionamento dos filtros analógicos implementados.*

***Palavras-chave:*** *Engenharia biomédica. Filtros Ativos. Fotopletismografia. Oxímetro de pulso.*

## 1. INTRODUÇÃO

O perfil sociodemográfico da população busca por aparelhos portáteis não invasivos que visem auxiliar na medição de sinais vitais. A Engenharia Biomédica sendo uma área que integra princípios das ciências exatas e ciências da saúde desenvolve abordagens para o desenvolvimento de instrumentos capazes de monitorar sinais biomédicos com o auxílio da eletrônica e computação (Reis *et al.*, 2011).

Um dos sinais vitais de estudo é a medição do oxigênio no sangue, no qual, o aparelho oxímetro de pulso coleta as informações, realiza o processamento da informação e emite o resultado em alguns segundos de forma contínua e segura. O princípio da oximetria de pulso fundamenta-se na absorção da luz de comprimento de onda (660 a 940nm) pela hemoglobina oxigenada de modo que seja possível determinar do nível de saturação de oxigênio (SpO2) no sangue arterial (Quintas, 2015).

O artigo tem por objetivo descrever os materiais e métodos utilizados na implementação de um oxímetro de pulso portátil não invasivo por meio da onda fotopletismográfica.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O oxímetro utiliza o fato de que a desoxihemoglobina (hemoglobina não oxigenada ou Hb) e a oxihemoglobina (hemoglobina oxigenada ou HbO2) têm diferente espectro de absorção luminosa. Aplicando-se luz com diferente comprimento de onda, geralmente a ponta dos dedos ou lóbulo da orelha, a relação entre a quantidade de desoxihemoglobina e oxihemoglobina pode ser obtida usando um foto-diodo como transdutor. O foto-diodo é um elemento que converte a intensidade luminosa em um nível de tensão (Moore e Zouridakis, 2003).

### 2.1 Materiais utilizados

Na Figura 1 é apresentada a metodologia adotada para aquisição da onda fotopletismográfica a ser captada e modelada para que seja possível observar a quantidade de oxigenação no sangue.

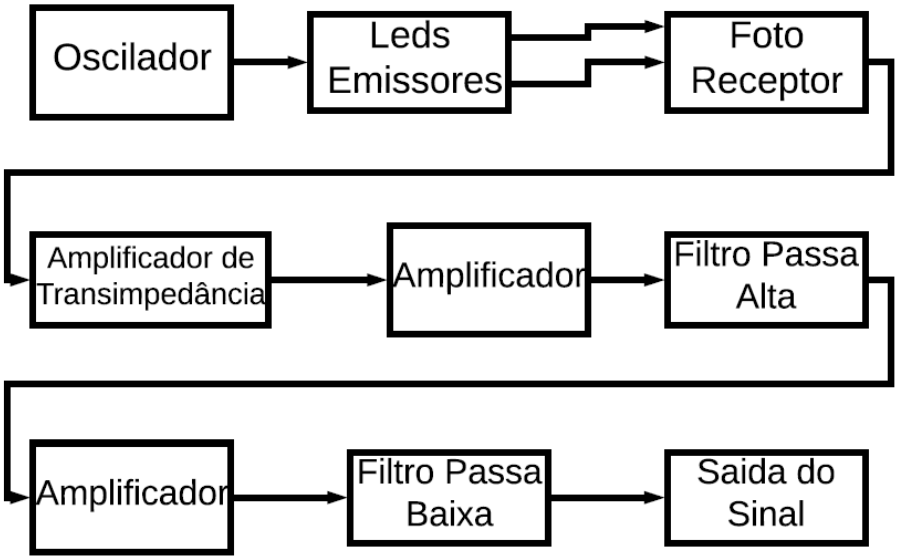



Figura 1. Diagrama do funcionamento que aquisição do sinal.

Na primeira etapa do diagrama foi projetado um oscilador astável utilizando o CI 555 com um capacitor 1 nF, o R1 de 1KΩ e R2 de 719500Ω, com estes componentes foi obtido a frequência de oscilação de 1kHz, assumindo um *duty cycle* de 50%, aproximadamente 500Hz com a saída de 5V e 500Hz com a saída em 0V, usando a lógica de quando a saída esta em 0V o led vermelho liga e o led infravermelho fica desligado, e quando a saída assumir o nível de 5V o led vermelho desliga e o led infravermelho liga. A Figura 2 representa o configuração do oscilador.

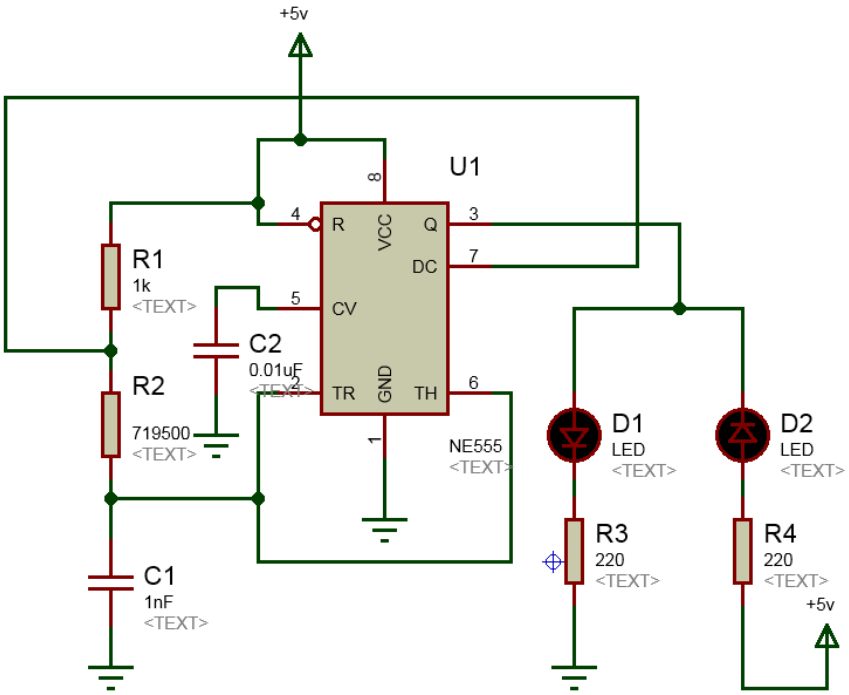



Figura 2. Configuração do oscilador astável.

Quando o foto receptor capta a irradiação, ele é excitado passando a conduzir um corrente elétrica muito pequena, torna-se necessário um amplificador de transimpedância que transforma proporcionalmente a irradiação recebida pelo fotodiodo em tensão, que é mais fácil de ser trabalhado.

Este amplificador está representado na sua forma básica na Figura 3.

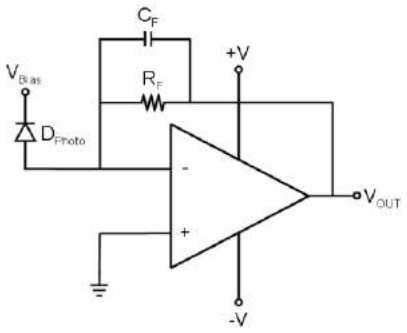



Figura 3. Amplificador de transimpedância.

Na etapa seguinte foi utilizado o CI LM324 que possui em seu encapsulamento quatro amplificadores operacionais, para os amplificador amplificadores demonstrados na Figura 3 são utilizados resistores em R1 de 10kΩ e R2 de 1kΩ, obtendo assim um ganho de 10 vezes o valor de sua entrada. A Figura 4 exemplifica a configuração de um amplificador em característica inversora.

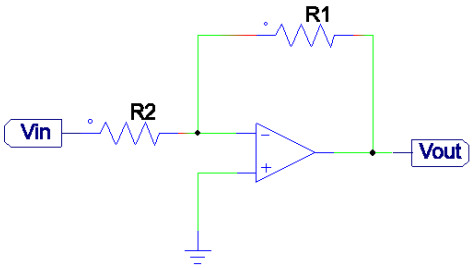



Figura 4. Amplificador operacional inversor.

Faz-se uso também de filtro passa-alta e passa-baixa. O filtro passa-alta é ajustado para uma frequência de corte de 0,589Hz, este filtro tem o objetivo de desprezar parte do sinal DC e alguns ruídos provenientes de luzes e vibrações.

Por outro lado o filtro passa-baixa tem a finalidade de eliminar ruídos e interferências eletromagnética bem como a frequência da rede elétrica, a frequência de corte é de 31,21Hz.

Após todas as etapas descritas é possível obter um sinal analógico com qualidade e boa amplitude para ser analisado.

## 3. RESULTADOS

Para analisar o funcionamento do circuito do oscilador que comanda o acionamento dos leds, o mesmo foi simulado no *software* Proteus como é apresentado na figura 5, ficando ligado os leds em períodos intercalados.

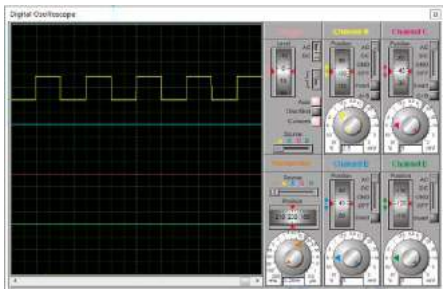


Figura 5 - Simulação do oscilador astável para acionamento dos leds.

Para comprovar a eficiência dos filtros utilizados foi realizada a simulação no *software* Proteus como demonstra a Figura 6. A onda de coloração amarela apresenta o comportamento do filtro passa alta e a onda de cor azul o filtro passa baixa.

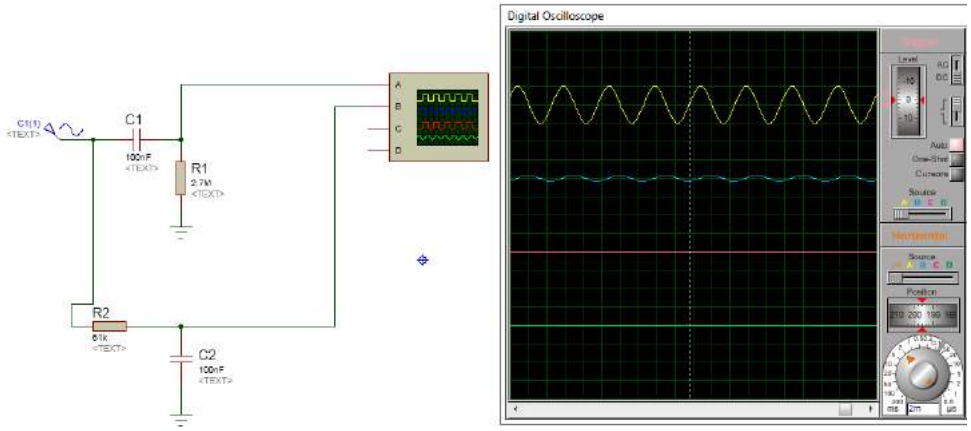



Figura 6 - Simulação dos filtros passa-alta e passa-baixa no *software* Proteus.

Após a etapa de simulações foi implementado o protótipo em bancada conforme Figura 7 com todos os componentes eletrônicos necessários para comprovação do funcionamento do oxímetro portátil. O sensor foi construído com um pedaço de madeira com um furo central para introduzir o dedo, assim pode diminuir a interferências de luzes no sensor. Com o circuito em funcionamento e com o auxílio de um osciloscópio foram adquiridas três formas de onda como demonstram as Figuras 8, 9 e 10. Na Figura 8 é possível ver o funcionamento do circuito implementado sem o dedo no sensor e sem o filtro passa-alta e passa-baixa, na Figura 9 é apresentada a forma de onda captada com o dedo no sensor sem os filtros, e na Figura 10 é exibido o comportamento da onda obtida com o dedo no sensor e com os filtros projetados validando o protótipo.

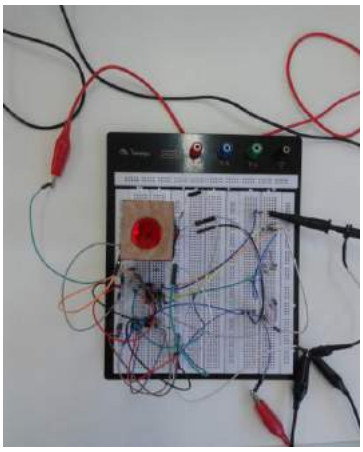


Figura 7. Protótipo implementado.

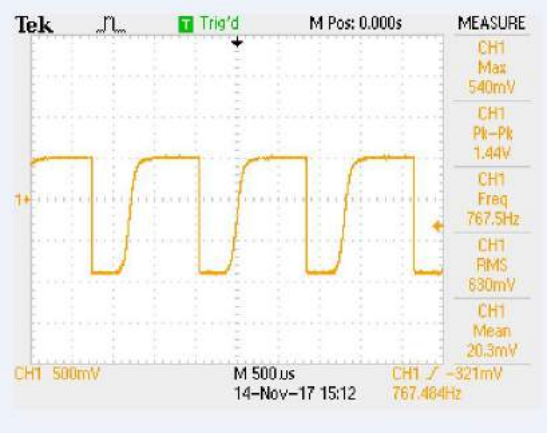



Figura 8 - Sinal no sensor sem filtros e sem o dedo.

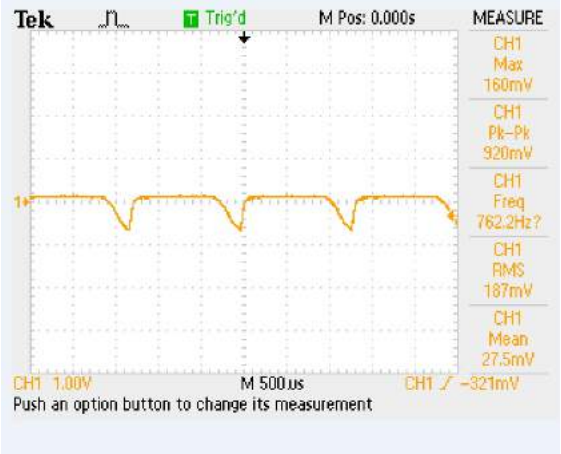



Figura 9 - Sinal no sensor sem filtro e com o dedo.

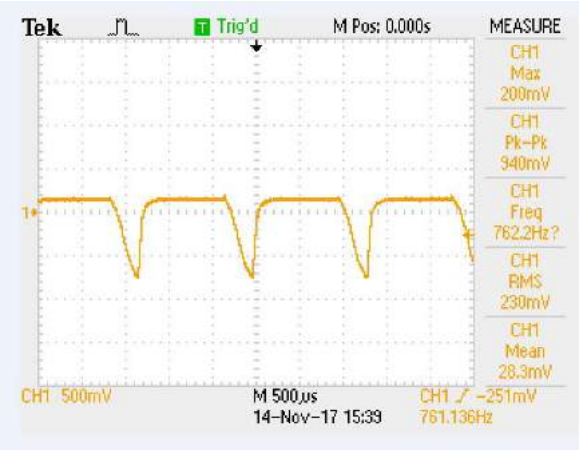



Figura 10 - Sinal do sensor com filtros e com o dedo.

## 4. CONCLUSÃO

Ao realizar os testes com a forma de onda adquirida pelo circuito montado em bancada pode afirmar que os resultados foram satisfatórios se comparado com as formas de onda da literatura, a qualidade de sinal pode ser melhorada consideravelmente com a troca dos componentes utilizados por outros de maior precisão e exatidão, pois os utilizados não são os mais indicados para instrumentação biomédica, bem como a confecção de uma placa com circuito impresso, diminuirá os erros associados a mau contatos e capacitâncias parasitas.

A próxima etapa será contempla a implementação da parte digital utilizando um conversor analógico digital e microprocessador para obter valores de saturação sanguínea em percentual.

## 5. REFERÊNCIAS

Alves, A. et al, 2016. "Oximetria de pulso: princípios de funcionamento e aplicações", *Universidade do Vale da Paraíba*, SP.

Cabral, K. et al, 2014. "Desenvolvimento do circuito para aquisição de sinal em oxímetro", *Universidade Federal de Uberlândia*, MG.

Damiani, Felipe Rafael de Oliveira, 2010. "Proposta de protótipo de um oxímetro de pulso empregando tecnologia fpaa", *Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos*, São Carlos – SP.

Moore, J.; Zouridakis, G. Biomedical Technology and Devices. 1 ed. CRC Press LLC, 2003. 860 p.

Paim, Francisco Carlos Antonelo, 2005. "Desenvolvimento de um sistema de telemetria para aquisição de sinais fisiológicos com aplicação em programas de reabilitação cardíaca", *Universidade Federal de Santa Catarina*, Florianópolis, SC.

Pires, K. et al, 2014. "Desenvolvimento do circuito para aquisição de sinal em um oxímetro", *Universidade Federal de Goiás*, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e Computação, Goiânia – GO.

Pont, Mauricio P. D., 2016. "Plataforma de aquisição para fotopletismografia com módulos de monitoramento", *Universidade Federal de Santa Catarina*, SC.

Quintas, F. A. B., 2015. "Desenvolvimento de um oxímetro de pulso com comunicação bluetooth", *Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra*, Coimbra, Portugal.

Reis, C. et al, 2011. "Plestimógrafo", *Universidade Federal de Santa Catarina*, Florianópolis, SC.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso e incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL AO CONTROLE VETORIAL DE MOTORES SÍNCRONOS DE ÍMÃS PERMANENTES

**Mateus Nava Mezaroba**
**Cássio Luciano Baratieri**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS – Brasil
mateusmezaroba@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O presente trabalho contribui ao desenvolvimento de uma plataforma experimental ao controle vetorial de Motores Síncronos de Ímãs Permanentes (MSIP). Logo, buscou-se identificar as especificações e hipóteses realizadas à determinação do modelo matemático do MSIP, e posteriormente à implementação computacional. Para sua validação, foi realizada à análise comparativa entre os resultados obtidos do modelo desenvolvido e do modelo ideal disponibilizado pelo software PSIM®. Em seguida, estruturou-se a aplicação do controle vetorial com o uso de um sistema multimalhas para o controle da velocidade de rotação, as quais são controladas em corrente (malha interna) e velocidade (malha externa). Adotou-se ainda a modulação PWM com a abordagem geométrica para a síntese das tensões por intermédio de um inversor trifásico de tensão. Os resultados de simulação do controle foram comparados com a elaboração do mesmo controle ao modelo ideal e demostraram que a metodologia de projeto foi apropriadamente aplicada com base nas respostas transitórias. Além disso, foi projetada e confeccionada uma plataforma experimental, que é estruturada para proporcionar segurança ao acionamento do MSIP, com a inclusão de circuitos de instrumentação isolados e proteção de sobrecorrente. Em geral, os resultados experimentais parciais indicam que a plataforma foi validada com a efetivação do controle por tensão e frequência (V/f), e irá ser aplicada plenamente na avaliação de outras estratégias de controle aplicáveis ao MSIP.*

***Palavras-chave:*** *controle de velocidade, motor síncrono de ímãs permanentes, plataforma experimental.*

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, a sustentabilidade e a eficiência energética tem se destacado como temas discutidos mundialmente pelos órgãos ambientais e políticos. Essa tendência é justificada pelo aumento nos índices de poluição em decorrência, principalmente, da queima de combustíveis fósseis e a emissão de dióxido de carbono proveniente de Veículos de Combustão Interna (VCI) (Rind, *et al.*, 2014). Neste contexto, a inserção dos Veículos Elétricos (VE) torna-se uma alternativa para a substituição dos VCIs. Um conceito que rompe um paradigma social e cresce significativamente devido à inclusão das fontes alternativas de energia elétrica na matriz energética mundial (Kumar; Jain, 2014).

Os VEs tiveram grande ascensão nos anos de 1960, período em que a eletrônica apresentou avanços tecnológicos significativos. Em seguida, nos anos de 1970, com a crise do petróleo, manteve-se o interesse nos VEs, contando com o desenvolvimento de protótipos, apesar dos desafios com a densidade de energia da bateria e o alto custo de fabricação (De Santiago, *et al*., 2012). Desta forma, a definição do motor elétrico (ME) tem um impacto significativo no projeto do VE, em especial pelo seu preço, peso, tamanho e consumo de energia. Neste contexto, o Motor Síncrono de Ímã Permanente (MSIP) destaca-se para a aplicação em VEs devido a sua alta eficiência e densidade de energia, maior confiabilidade, e ainda por propiciar um excelente desempenho dinâmico e alta eficiência energética quando adotado concomitante a uma estratégia apropriada de acionamento e controle (Kumar; Jain, 2014).

Diante disto, o presente trabalho tem o intuito de desenvolver uma plataforma experimental que propiciará estudos sobre o controle vetorial aplicável aos VEs com foco na melhoria da eficiência energética e operacional. Assim, para propiciar o desenvolvimento inicial da plataforma foi necessário compreender alguns conceitos básicos sobre o MSIP e o sistema de controle, tornando-se então fundamental a modelagem matemática do motor e a sua validação computacional (*software* PSIM). Em seguida, a placa de acionamento e proteção foi projetada e confeccionada, da mesma forma que, realizou-se a implementação de um microcomputador de baixo custo responsável pela execução do controle.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

VEs existem a cerca de 180 anos, sendo que o primeiro VE construído foi um triciclo com uso de bateria, criado por Thomas Devenport no ano de 1834 (Chau, 2015). Em geral, os VEs são particularmente constituídos de três partes essenciais: arquitetura e configuração; sistema de propulsão elétrica, a qual inclui sistema de armazenamento de energia, conversor elétrico de potência, motor elétrico e controlador eletrônico; e a terceira parte é o controle de fluxo de energia em conjunto aos algoritmos de controle e otimização (Kumar; Jain, 2014).Cada parte mencionada, está diretamente ligada ao apropriado funcionamento do VE, porém o coração central do veículo elétrico é o motor de tração, o qual contribui integralmente para o desempenho geral do sistema de propulsão (Rind, *et al.*, 2014).

Neste sentido, o MSIP apresenta-se como uma alternativa de alto desempenho para aplicação nos VE. Essa alternativa deve-se basicamente pelo fato do MSIP alcançar uma alta eficiência, devido à redução das perdas no rotor. Entretanto a potência do motor é limitada em virtude do fluxo magnético produzido pelos ímãs ser constante (Krishnan, 2010). Fundamentado na vasta capacidade e eficiência do MSIP quando aplicado ao VE, fez-se oportuno o desenvolvimento de uma plataforma experimental para implementação e estudo de técnicas de controle aplicado ao MSIP e a demais máquinas elétricas.

Assim, na área de controle de máquinas elétricas, plataformas experimentais são projetadas com base em aplicações reais. Para tal é usualmente proposto o desenvolvimento de uma plataforma genérica ao acionamento de motores e técnicas de controle. Assim, é necessário que o projeto utilize componentes e dispositivos essenciais para o adequado funcionamento, sempre em condições seguras e confiáveis para o funcionamento do MSIP. Desta forma as plataformas experimentais aplicadas a pesquisa e desenvolvimento são constituídas por: processador digital, *driver* de acionamento, sensores para medição de corrente e tensão, sensor de posição e ou velocidade mecânica, e circuitos de proteção (Martins, 2006).

Neste contexto, a utilização de plataformas experimentais é bastante aplicável ao acionamento de máquinas elétricas, assim, diversos modelos de plataformas foram desenvolvidos, com diferentes intuitos e formas de operação. Desta forma, a integração de plataformas experimentais a softwares como MATLAB/Simulink e a plataformas destinadas ao controle e supervisório, como o dSPACE, LabVIEW e OPAL-RT são amplamente difundidas nos segmentos científicos e industriais (Menghal; Laxmi, 2010).

## 3. METODOLOGIA

Inicialmente, foi definida a modelagem matemática para representação do MSIP (referencial estacionário e síncrono) e validado computacionalmente o modelo. As equações que regem o comportamento do motor baseiam-se em Krause *et al.*, (2013). Desta forma, as equações que regem o comportamento da tensão do modelo no referencial estacionário (*abc*) são transformadas para o referencial síncrono (*qd0*), mediante o uso da Transformada de Park.

Deste modo, a equação de sequência zero é nula (sistema trifásico a três fios), e as equações que governam o modelo matemático do motor não se alteram, do mesmo modo que a equação do torque eletromagnético. O referencial *qd* adotado para o motor é aplicado para simplificar as equações adotadas no controle, reduzindo o tempo de cálculo e otimizando o sistema como um todo, tanto na simulação computacional quanto no acionamento e controle do motor. Logo, implementou-se as equações no software PSIM por meio de blocos. Assim, para permitir a verificação se o modelo está concordante com a literatura, o modelo desenvolvido foi comparado ao modelo ideal disponível no PSIM.

Com a validação do modelo projetado, foi projetado e aplicado o controle vetorial ao motor. Devido ao uso da Transformada de Park, as equações que regem o comportamento do motor foram referenciadas ao rotor. Em seguida projetaram-se os controladores fundamentando-se no controle de corrente e velocidade, usando a teoria de controle clássica, ou seja, controladores proporcionais e integrais. Neste sentido, as equações foram linearizadas por intermédio de realimentação direta e transformadas para tempo discreto por intermédio da Transformada Bilinear (Transformada de Tustin), obtendo assim as duas malhas de controle. Sendo que as malhas internas são responsáveis pelo comportamento das correntes $i_q$ e $i_d$, e a malha externa o controle de velocidade.

As equações obtidas com o uso da transformada de Laplace foram implementadas no *software* MATLAB para a parametrização dos controladores Proporcionais e Integrais (PI). Desta forma, foram encontrados os ganhos de cada controlador de modo que o controlador tenha um tempo de resposta rápida e atenda as especificações do projeto. As equações da tensão referentes ao modelo matemático em eixos síncronos, é sumarizado pelas Eq. (1) e Eq. (2), da mesma forma que, expõem-se o modelo do conjugado eletromagnético na Eq. (3). A Fig. 1 sumariza o modelo projetado e implementado no PSIM, da mesma forma que expõem a metodologia do controle vetorial aplicado ao controle de velocidade do MSIP.

$$v_q = R_s \cdot i_q + L_q \cdot \frac{di_q}{dt} + \omega_r \cdot L_d \cdot i_d + \omega \cdot \lambda_{pm} \tag{1}$$

$$v_d = R_s \cdot i_d + L_d \cdot \frac{di_d}{dt} - \omega_r \cdot L_q \cdot i_q \tag{2}$$

$$T_e = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{2} \cdot [\lambda_{pm} \cdot i_q + (L_d - L_q) \cdot i_q \cdot i_d] \quad (3)$$

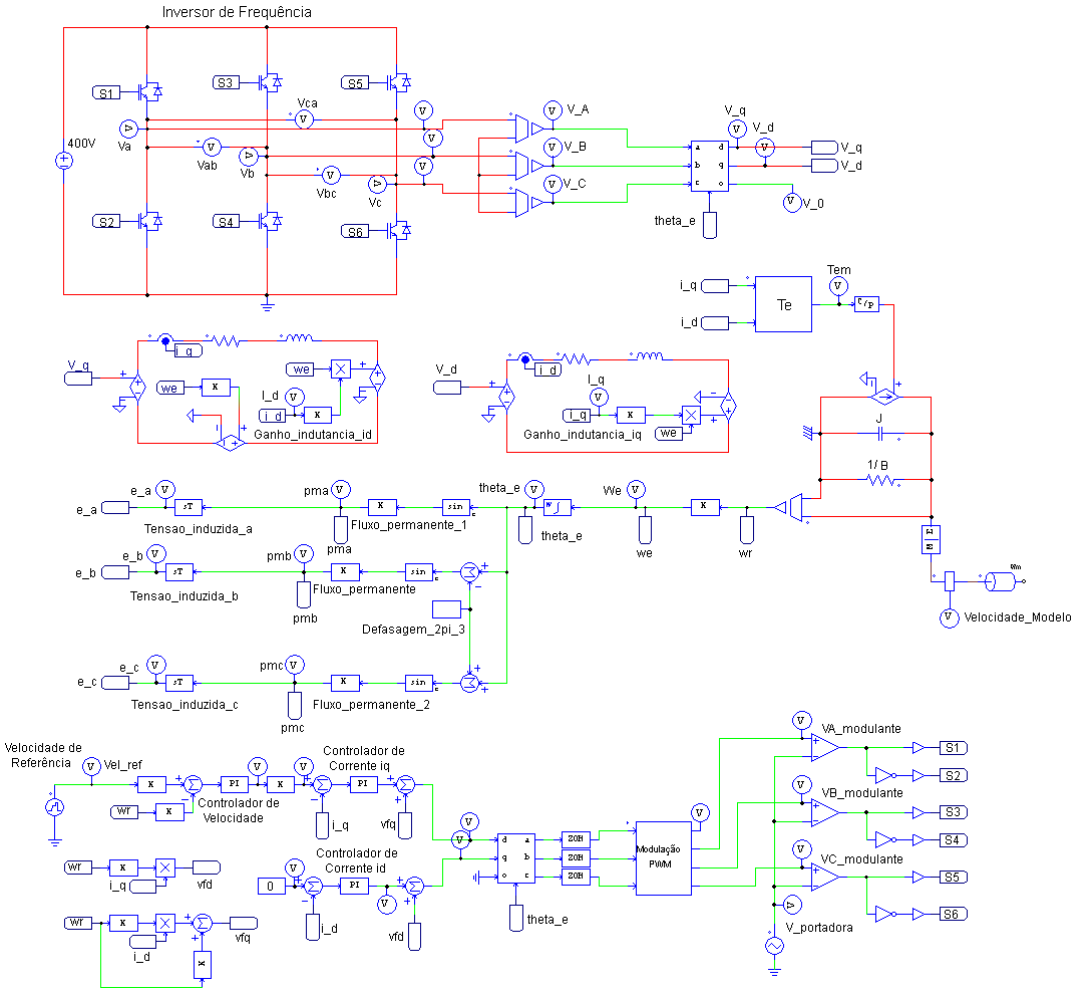



Figura 1. Controle PI aplicado ao MSIP projetado

Uma vez desenvolvido e validado o modelo matemático do MSIP e o controle vetorial com modulação PWM, realizou-se o projeto da plataforma. Assim, para a elaboração da plataforma experimental, projetaram-se as posições de componente e os circuitos de proteção. Além disso, realizaram-se as interligações por meio de trilhas devidamente projetadas conforme a demanda de corrente.

Para desenvolvimento do projeto da plataforma, analisaram-se as correntes circulantes e os componentes adequados a serem utilizados para realizar o acionamento elétrico, controle, mensuração de dados e proteções do circuito via *hardware*. Neste sentido, optou-se pelo desenvolvimento de duas placas: uma placa para a implementação do sistema de controle com suas devidas proteções; e outra placa contendo acionamento, instrumentação e circuitos de proteção por sobrecorrente. Especificamente definiu-se o uso de uma placa dupla face de fenolite, composta por um driver de acionamento modular inteligente IRAMX16UP60A, sensores de efeito Hall responsáveis para medidas de corrente (ACS712-05), circuito de acionamento isolado baseado em opto acopladores (6N136) e portas AND (74HC08N), e circuitos de proteção contra sobrecorrente utilizando comparadores LM339.

O projeto da placa de acionamento, instrumentação e proteção foi desenvolvido com o suporte do *software* Proteus, que é uma ferramenta de simulação e projeto de placas de circuito impresso. O resultado do projeto da placa de acionamento é mostrado na Fig. 2.

A plataforma foi elaborada com uma metodologia em etapas, onde, cada parte do circuito foi testada e validada separadamente. As etapas de montagem e testes foram desenvolvidas da seguinte forma: circuito de alimentação; circuito de acionamento desacoplado; circuito de instrumentação; circuito de proteção; e montagem do módulo inversor. Finalizando com o teste de toda plataforma. A placa projetada é revestida de cobre em ambos os lados, para melhor distribuição dos componentes, os sistemas estão separados entre si, não há conexões entre as malhas de aterramento, tornando o sistema totalmente desacoplado, e evitando surtos que possam regressar ao microcontrolador que venham a danificá-lo.

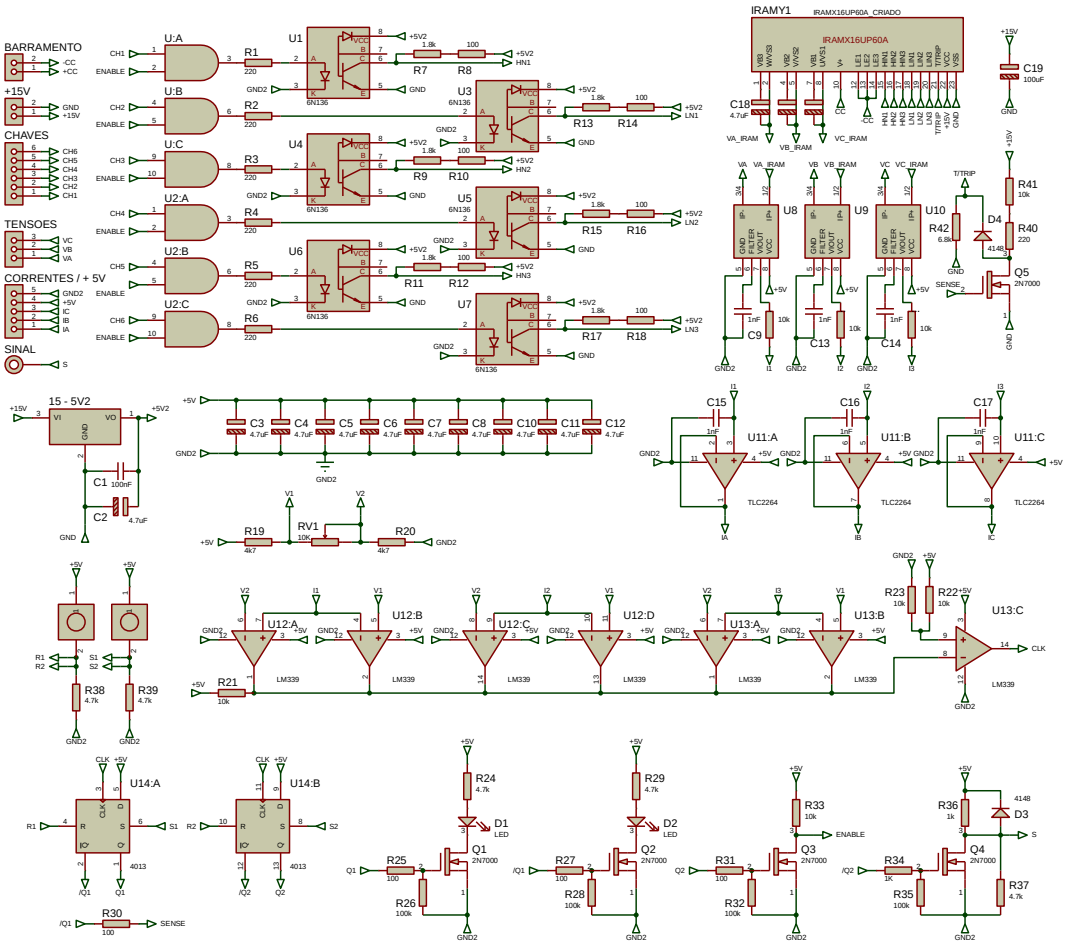



Figura 2. Projeto placa de acionamento desenvolvido no Proteus

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validação do controle e da modulação PWM aplicada, foi aplicado o controle vetorial também ao modelo ideal, comparando as formas de ondas para ambos os MSIP. Os parâmetros adotados para a análise e validações no PSIM, foram parâmetros genéricos em um primeiro momento, entretanto, após validar o modelo projetado e o controle vetorial aplicado, foram realizados procedimentos de ensaio para identificações dos parâmetros de um MSIP existente nos laboratórios do curso de Engenharia Elétrica da URI – Erechim, os quais também foram validados de forma adequada no *software* PSIM. Os resultados de simulação que apresentam as formas de ondas das correntes de fase, velocidade de rotação e torque eletromagnético aplicados ao modelo genérico são mostradas na Fig. 3.

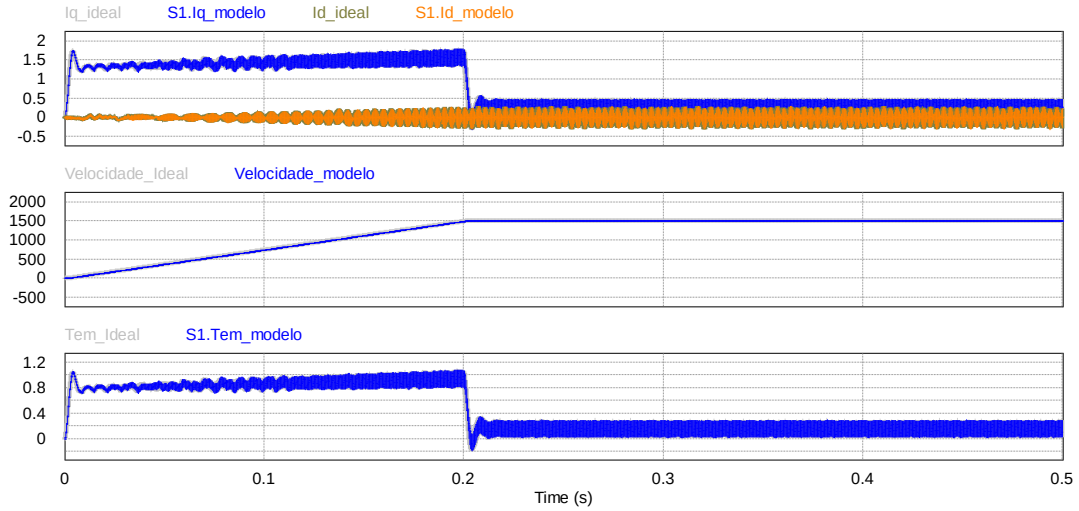
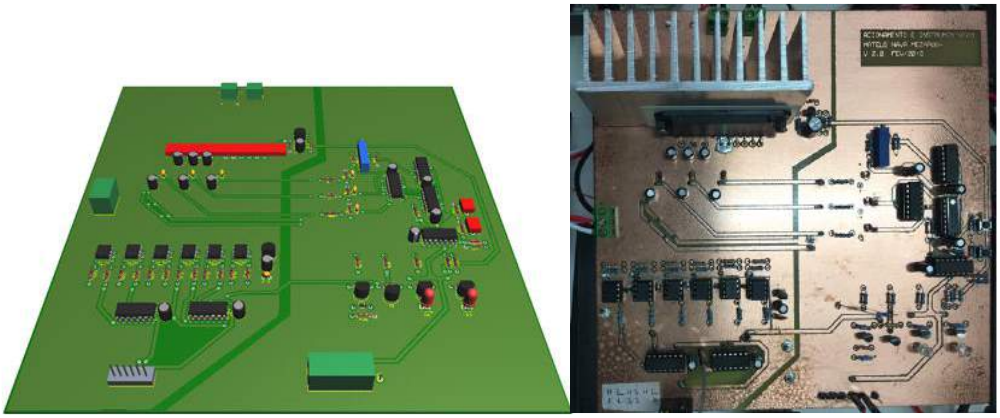



Figura 3. Respostas do controle aplicado ao modelo ideal e ao projetado

Conforme apresentado na Fig. 3, as formas das ondas se sobrepõem em todas as variáveis analisadas, apresentando um comportamento idêntico tanto para o modelo MSIP do PSIM quanto para o modelo proposto, validando adequadamente o controle vetorial proposto. As ondulações de alta frequência existentes nas formas de onda das correntes e do torque eletromagnético são provenientes da modulação PWM, refletindo o comportamento que será apresentado pela plataforma experimental. Além disso, verifica-se nesse resultado de simulação o rastreamento de velocidade sob a aplicação de uma rampa de 0,2 s (0 a 1500 rpm).

De modo que a validação computacional foi desenvolvida com sucesso, seguiu-se para a confecção da placa de circuito impresso, que possibilitou a implementação da técnica de controle por tensão e frequência (V/f). Mediante o projeto desenvolvido na Fig. 2, foi confeccionada a placa de circuito impresso, realizando as conexões e soldas nos componentes necessários. A placa projetada para o acionamento, instrumentação e proteção do circuito é apresentada na Fig. 4a, e na Fig. 4b é apresentada a plataforma confeccionada na placa de circuito impresso.



(a) (b)

Figura 4. **(a)** Projeto Placa de Acionamento e Instrumentação; (b) Resultado da montagem da placa de circuito impresso

A validação da plataforma experimental confeccionada foi realizada via testes a vazio em um primeiro momento, obtendo os resultados compatíveis com as simulações. Na verificação de que os resultados obtidos estão coerentes, foi realizado a validação do acionamento do inversor trifásico com cargas RL (Resistivas e Indutivas) conectadas em estrela, simulando o comportamento do circuito elétrico de um motor. O acionamento das cargas RL foi realizado para verificar o comportamento das correntes. Este tipo de validação foi essencial nesta etapa do projeto, pois, picos abruptos de corrente podem danificar a máquina elétrica se ocorrerem durante o acionamento. Desta forma, as correntes obtidas no acionamento das cargas RL, são apresentados pela Fig. 5, a qual é um resultado adquirido por meio de um osciloscópio.

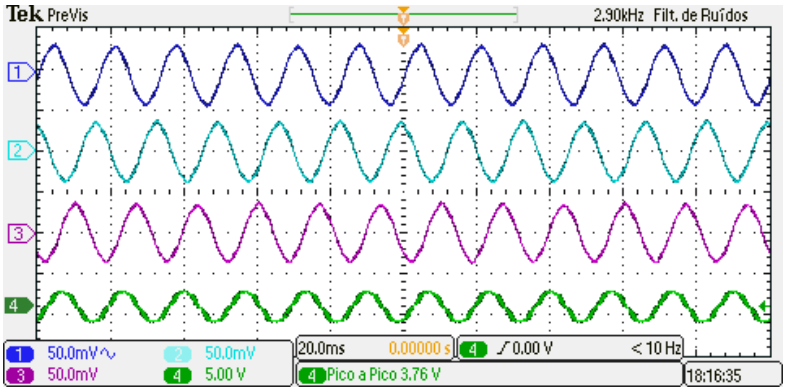



Figura 5. Resultado Experimental: Acionamento de cargas RL

As formas de onda obtidas pelos canais 1, 2 e 3 são resultados do comportamento das correntes *a*, *b* e *c*, respectivamente. As correntes obtidas demonstram que durante o acionamento não ocorrem elevações ou picos de corrente, e também se constata que a corrente tem comportamento puramente senoidal, validando assim a plataforma projetada experimentalmente. No canal 4 foi apresentado a tensão de linha entre as fases *a* e *c*, parâmetro este utilizado somente para verificação do comportamento da tensão durante o período de acionamento, comprovando também que o resultado da tensão é constante e puramente senoidal, conforme o desejado.

## 5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma breve revisão bibliográfica sobre os VEs, características do MSIP, e projetos de plataformas experimentais, visando contextualizar os estudos propostos com relação à literatura atual. O artigo expôs a modelagem matemática do MSIP, e a validação por intermédio de comparação do modelo projetado com o modelo ideal fornecido pelo PSIM®. Além disso, realizou-se a implementação e validação do controle vetorial aplicado ao MSIP com modulação PWM em abordagem geométrica, sendo comparado o controle no modelo projetado e no modelo ideal. Os resultados obtidos comprovaram a aplicabilidade do sistema de controle projetado visto que se alcançou um adequado rastreamento de velocidade de rotação. A segunda parte do artigo foi concentrada no projeto e confecção da plataforma experimental. Assim, foi apresentado o projeto desenvolvido no Proteus, a placa confeccionada e as formas de onda oriundas do acionamento de cargas RL por intermédio da plataforma confeccionada. Com isto, comprovou-se que a placa de acionamento, instrumentação e proteção funciona adequadamente quando submetida aos testes realizados, e atende todos os requisitos inicialmente propostos.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FAPERGS, pelo incentivo a pesquisa, e ao curso de Engenharia Elétrica da URI – Erechim, pela disponibilidade de uso dos laboratórios, instrumentos de medida, equipamentos e materiais utilizados durante o desenvolvimento do trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS

Chau, K.T., 2015. *Electric Vehicle Machines and Drives*. CRC Press, India, 1ª edição.

De Santiago, J., Bernhoff, H., Ekergard, B., e Eriksson, S., 2012. "Electrical motor drivelines in commercial aal-electric vehicles: A review". IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 61, p. 475-484.

Krause, P.C., Wasynczuk, O., Sudhoff, S. e Pekarek, S., 2013. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems.* Wiley-IEEE PRESS, New Jersey, 3ª edição.

Krishan, R., 2009. *Permanent Magnet Synchrounous and Brushless DC Motor Drives*. CRC Press, Miami, 1ª edição.

Kumar, L., e Jain, S., 2014. "Electrical propulsion system for electric vehicular technology: A review". Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 29, p. 924-940.

Martins, O.S., 2006. *Comparação de Técnicas de Controle de Velocidade Sensorless Aplicadas a Motores de Indução em Plataforma DSP*. Ms. Disertação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Menghal, P.M., e Laxmi, A.J., 2010. "Real time control of electrical machine drives: A review". Power, Controle and Embedded systems (ICPCES) - International Converence. p. 1-6.

Rind, S., Ren, Y., e Jiang, L., 2014. "Traction motors and speed estimation techniques for sensorless controle of electric vehicles: A review". 49th International Universities Power Engineering Conference (UPEC). p. 1-6.

## 8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelos materiais impressos incluídos neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DE CONTROLE E SIMULAÇÃO EM TEMPO REAL BASEADA EM *SYSTEM ON CHIP* APLICADO A MÁQUINAS ELÉTRICAS

**Mateus Nava Mezaroba**
**Cássio Luciano Baratieri**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS – Brasil
mateusmezaroba@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma de baixo custo aplicada ao controle e supervisão do acionamento de máquinas elétricas trifásicas.* ***Neste sentido,*** *foram empregados dispositivos microprocessados clássicos que são de fácil aquisição no mercado brasileiro, o Raspberry Pi associado a um DSPIC30F2010. O Raspberry Pi foi utilizado ao processamento do algoritmo de controle e à interface do sistema supervisório. Por outro lado, o DSPIC foi empregado no acionamento do inversor trifásico. Um barramento de interface foi desenvolvido para a comunicação entre os dois dispositivos. Para validação da proposta, adotou-se o controle V/f aplicado a um motor de indução trifásico. Inicialmente, o algoritmo de controle da plataforma foi simulado no aplicativo PSIM. Em seguida, o algoritmo foi implementado no Raspberry Pi, concomitante a um supervisório desenvolvido em linguagem C. Por fim, resultados de simulação e experimentais parciais evidenciam o adequado funcionamento da plataforma proposta aplicada a máquinas elétricas.*

***Palavras-chave:*** *Acionamento e controle de máquinas elétricas, Controle V/f, Raspberry Pi.*

## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento da eletrônica de potência está diretamente atrelado ao desenvolvimento de interruptores eletrônicos. Neste contexto, um dos desenvolvimentos primordiais da eletrônica de potência foi o tiristor, na década de 1960, pela *General Electric*, propiciando o aprimoramento e aumento de eficiência na conversão de energia (Barbi, 2006). Com isso, outros diversos dispositivos auxiliares avançaram tecnologicamente para permitir o controle das comutações dos interruptores semicondutores (p. ex. transistores, o Transistor de Efeito de Campo de Óxido de Metal Semicondutor (MOSFETS), Transistor Bipolar de Porta Isolada (IGBTs). Entre esses dispositivos, destaca-se os processadores digitais de sinais (Krishan, 2001).

Diante disto, a inserção dos equipamentos chaveados no mercado eletroeletrônico desencadeou a proposição de novas técnicas de controle ao acionamento dos interruptores, propiciando a aplicação nas mais diversas áreas, tais como: iluminação, sistemas de potência, processamento de energia, energias renováveis, máquinas elétricas. Em geral, as técnicas de controle são responsáveis pelo aumento de eficiência energética e operacional. Com relação ao foco do trabalho em máquinas elétricas, especificamente, ao controle para motores de indução, destaca-se o controle escalar com tensão e frequência variável, popularmente denominado V/F (Chapman, 2013; Depenbrock, 1988; Vas, 1998).

Assim, aplicações de eletrônica de potência voltadas ao controle de máquinas elétricas têm motivado o constante aperfeiçoamento tecnológico. Logo, o desenvolvimento de plataformas para acionamento de inversores trifásicos cresce exponencialmente. Uma das abordagens amplamente utilizada em plataformas é o controle digital, que propicia maior velocidade de processamento, versatilidade em otimização, alto desempenho e uma grande acurácia ao controle aplicado (Krishan, 2001). Além disto, com o intuito de mitigar as perdas, diversos microcontroladores e microcomputadores são aplicados ao acionamento de motores, prioritariamente para aumentar a eficiência e o desempenho das máquinas elétricas (Chiba et al., 2005).

Acompanhando a tendência tecnológica no acionamento e controle de máquinas elétricas, este artigo abordada o desenvolvimento de uma plataforma de acionamento, controle e supervisão de máquinas elétricas, atrelado ao uso de dispositivos de baixo custo e grande capacidade de processamento. Em virtude disso, foi utilizado uma plataforma baseada em *System On Chip* para controle e implementação do supervisório, possibilitando a visualização dos dados do controle. Para validação dos procedimentos metodológicos a plataforma tem sido validada com o acionamento de um motor de indução trifásico. Neste sentido, este artigo apresenta resultados de simulação e experimentais parciais do

desenvolvimento desta plataforma que futuramente propiciará o acionamento de qualquer tipo de motor trifásico de mesma categoria de potência.

## 2. METODOLOGIA

A utilização de controle em máquinas elétricas na indústria tem aumentado significativamente nas últimas décadas. Deste modo, uma grande quantidade de dispositivos e plataformas que realizam controle e supervisão de máquinas elétricas estão sendo desenvolvidas mundialmente, desde o projeto e desenvolvimento (p. ex. DSpace, Opal-RT) até a aplicação final (p. ex. inversores de frequência, monitoramento em tempo real). Entretanto, todas as plataformas existentes são de caráter comercial, tendo um alto valor de mercado, da mesma forma que, utilizam aplicativos comerciais para integrações com algoritmos dedicados. Desta forma fomenta-se o desenvolvimento de plataformas que realizem o controle e supervisão em máquinas elétricas de maneira flexível e que permitam aprimoramentos futuros, tais como, a integração em sistemas da indústria 4.0. Com base nisso, neste artigo é proposto o desenvolvimento do sistema sumarizado na Fig. 1.

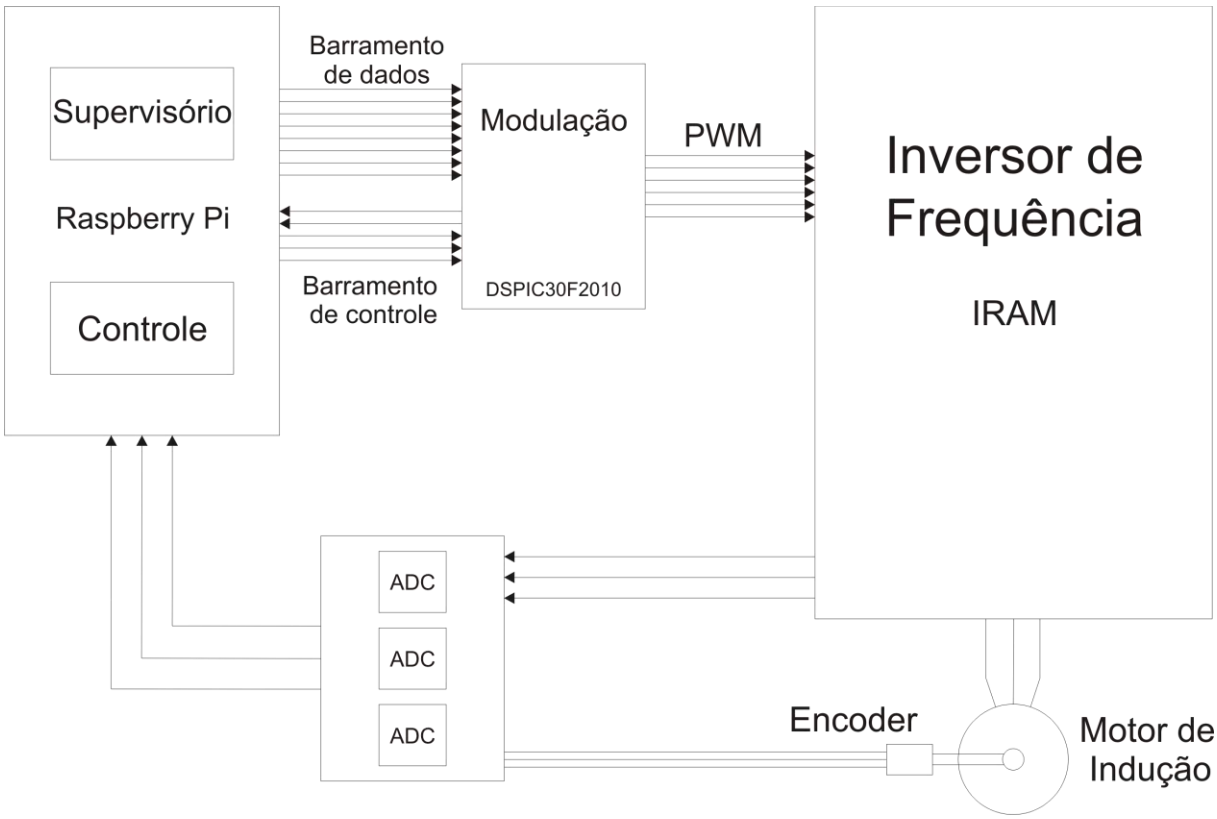



Figura 1. Plataforma de controle e supervisório para controle de máquinas elétricas.

O sistema proposto é constituído basicamente de dispositivos de baixo custo. A plataforma proposta é fundamentada no controle, acionamento e supervisão operacional de motores elétricos trifásicos. A base de todo projeto está na utilização do Raspberry Pi, que é o responsável por processar o controle em ponto flutuante, transmitir os dados via um barramento de dados e de controle ao DSPIC. No DSP, são identificados os dados e é realizado o acionamento das portas PWMs, que acionam o módulo inversor trifásico (módulo inversor integrado). Além de realizar o controle no Raspberry Pi, também foi desenvolvido o sistema supervisório utilizando a linguagem C, o qual apresenta os dados calculados pelo controle e as medidas obtidas do sistema de realimentação. Também foi implementado além do barramento de dados, um barramento de controle com 5 vias, que é o responsável pela coordenação de transmissão dos dados, da mesma forma que proporciona a sincronização de ambos os controladores.

Visando implementar a proposta apresentada na Fig. 1, primeiramente, definiu-se uma estratégia de controle piloto, ou seja, adotou-se o controle escalar de motores de indução trifásicos, por ser uma técnica amplamente usada na indústria. Em seguida, simulou-se a técnica no aplicativo PSIM, visando uma análise preliminar à implementação experimental. Desta forma, foi determinado o modelo matemático do motor de indução em eixos síncronos baseado em Krause et al. (2013), visando a futura aplicação no supervisório. Com o modelo projetado e implementado, desenvolveu-se o algoritmo de controle para o motor de indução. Na etapa inicial foi utilizado o controle por Tensão e

Frequência variáveis, ou também conhecido como controle V/f, caracterizando assim o controle em malha aberta. Desta forma, o algoritmo responsável pelo controle foi implementado no *Simplified C Block* do PSIM. Para a síntese das tensões de terminal adotou-se a modulação PWM em abordagem geométrica. A Fig. 2 mostra o controle V/f aplicado ao modelo matemático implementado no aplicativo PSIM.

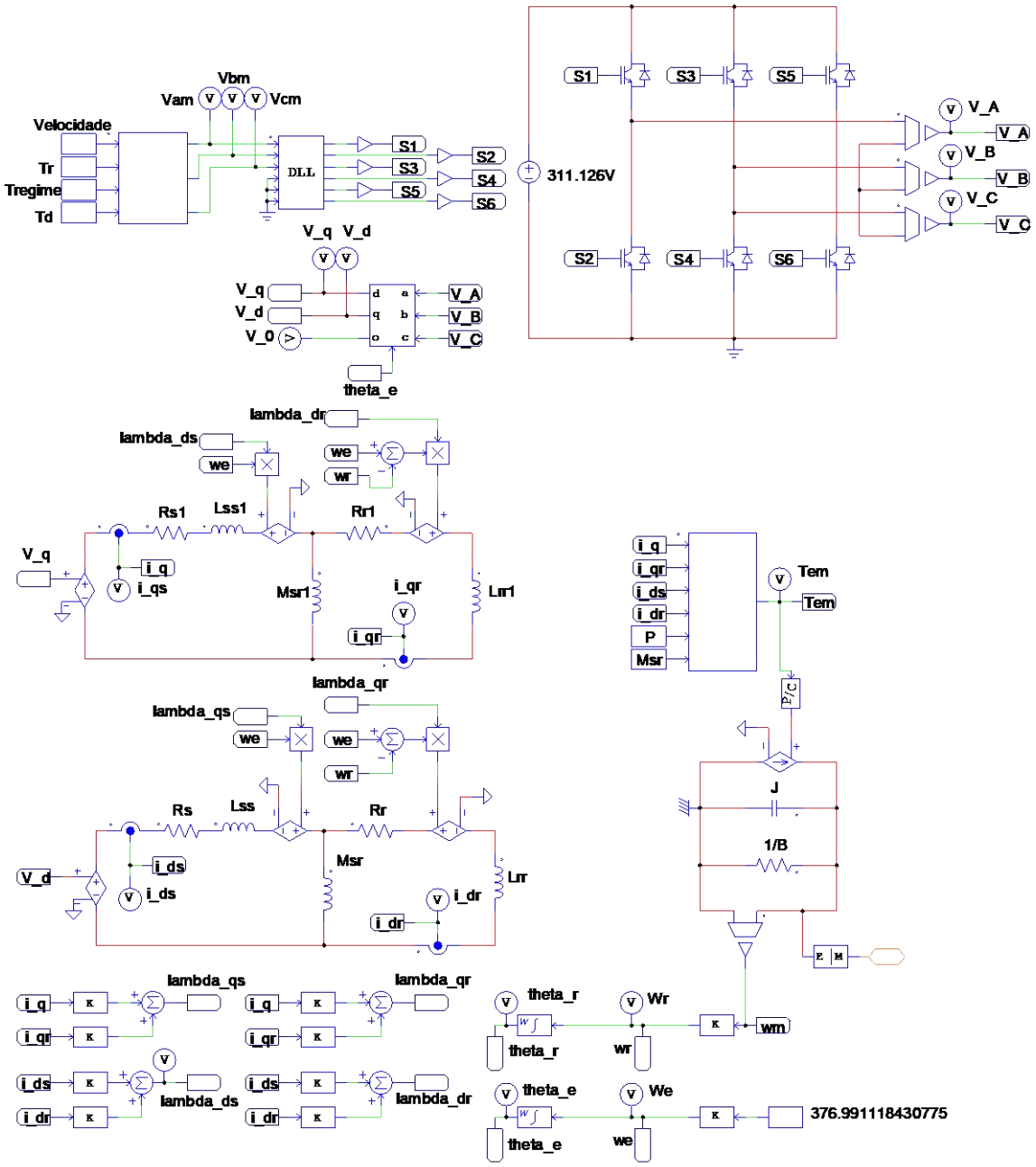



Figura 2. Controle V/f aplicado ao modelo projetado.

Conforme mencionado anteriormente, um barramento de dados foi implementado para que os dados do controle sejam transmitidos do Raspberry Pi para o DSPIC. O barramento de dados é composto por oito vias e o barramento de controle possui cinco vias para coordenação e sincronização no envio dos dados. O barramento de dados pelo qual as variáveis de controle são transmitidas, também é exposto na Fig. 2, e é representado pelas ligações entre o bloco de controle e a DLL. O algoritmo desenvolvido no DSPIC30F2010 possui além do acionamento das seis portas PWMs o código de identificação dos dados, e o controle total sobre o sistema, pois como a capacidade de processamento do Raspberry Pi é superior em comparação a do DSPIC, a velocidade de controle deste dispositivo limita a frequência de operação do sistema como um todo. Assim, o DSPIC é o responsável por gerar a interrupção principal.

A utilização do Raspberry Pi permite que o controle seja realizado em ponto flutuante, proporcionando precisão numérica ao controle digital. Outra aplicação do Raspberry Pi que foi utilizada neste trabalho, foi a grande capacidade

de processamento em conjunto as permissões de uso da interface gráfica, para criação de gráficos e figuras. Com base nesta possibilidade, fez-se uso das ferramentas disponibilizadas pelo *SoC* (bibliotecas, funções…) para implementar um sistema supervisório, que apresenta os dados calculados no controle, possibilitando a verificação do comportamento do controle antes de ser aplicado ao motor. O sistema supervisório ainda será aprimorado para que realize a verificação em tempo real de valores calculados e valores mensurados pelas leituras dos sensores de corrente.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o modelo matemático desenvolvido e implementado, realizou-se as simulações que comprovam o adequado funcionamento do modelo projetado. Desta forma, o modelo dinâmico foi submetido a testes de validação em comparação ao modelo disponibilizado pelo PSIM, possibilitando a comparação entre ambos. Com a obtenção dos resultados de validação do modelo, analisou-se que o modelo projetado está em concordância ao disponibilizado pelo PSIM. Portanto, como o modelo projetado está condizente com o motor real, aplicou-se o sistema de controle ao modelo projetado, analisando assim o comportamento do controle V/f. Desta forma, aplicou-se valores para rampa de aceleração, operação em regime contínuo e rampa de desaceleração. Os resultados do controle aplicado por intermédio do Bloco C do PSIM (*vide* Fig. 2) são mostrado na Fig. 4.

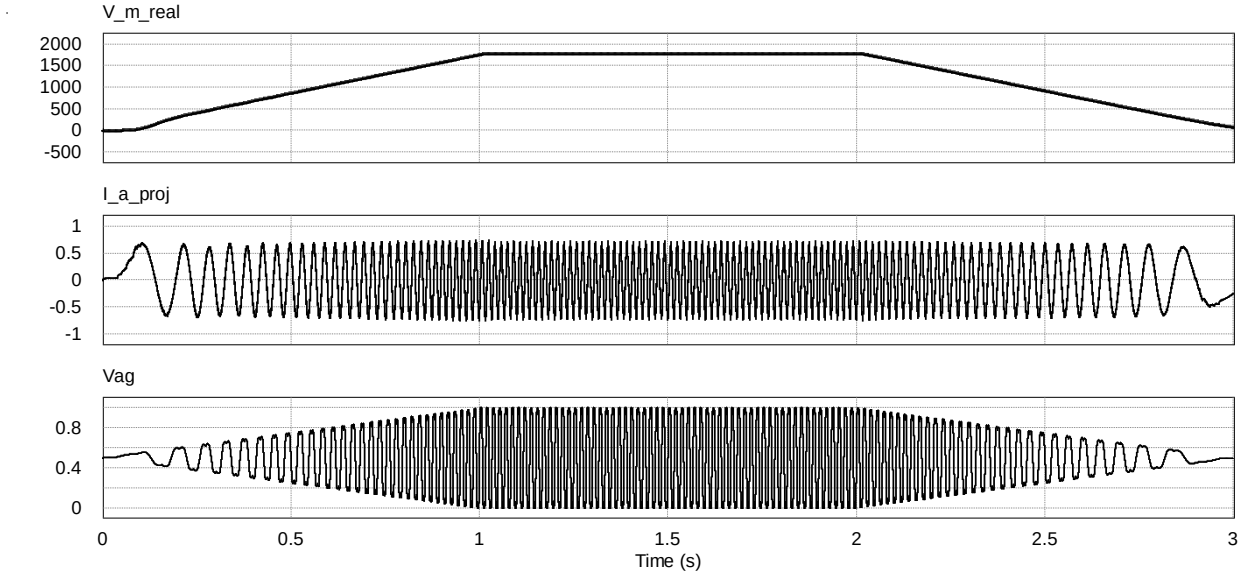



Figura 4. Controle V/f aplicado ao modelo projetado no PSIM

Na Fig. 4, é possível analisar três variáveis durante o acionamento do MI. O primeiro gráfico expõe a velocidade de rotação da máquina em rotações por minuto (RPM), apresentando a rampa de aceleração de *1 s*, operação em regime permanente (velocidade de rotação máxima) por mais *1 s*, e uma rampa de desaceleração de *1 s*. Também é exposto a corrente (ampere) da fase *a*, onde é visível que o controle está operando de forma correta, pois o comportamento da corrente é linear, sem sofrer picos de partida. Logo, valida-se o controle aplicado ao motor de indução. Do mesmo modo que, o terceiro gráfico apresenta a tensão modulante (volts) a ser sintetizada pelo inversor (tensão normalizada com o barramento CC do inversor). Este sinal é transmitido do Raspberry Pi até o DSPIC via barramento de dados, emulando assim o sistema como um todo.

Logo, após a validação do controle, programou-se o algoritmo de controle no Raspberry Pi, possibilitando que o algoritmo seja executado em um período de tempo reduzido, e que os cálculos sejam em ponto flutuante, proporcionando precisão e acurácia as operações matemáticas. Além do controle, também foi desenvolvido o código de envio dos dados ao DSPIC, da mesma forma que, o algoritmo de recebimento e acionamento das portas PWMs foram desenvolvidos no DSPIC. Como o microcontrolador é um dispositivo que necessita de alguns periféricos para seu adequado funcionamento, foi projetada a placa da interface de acionamento com os periféricos necessários, e com as devidas saídas e entradas utilizadas e disponíveis no microcontrolador. Além disso, para possíveis mudanças no algoritmo de modulação que poderão vir a ocorrer, disponibilizaram-se os pinos de gravação do microcontrolador (*in-circuit serial programming*). A placa projetada no aplicativo Proteus pode ser visualizada na Fig. 5a, e a placa de circuito impresso confeccionada é exposta na Fig. 5b.

Com a confecção da interface de acionamento, foi possível realizar o acionamento do inversor trifásico, validando assim o sistema de acionamento. Como o trabalho baseou-se também na implementação do sistema supervisório, o mesmo foi implementado antes de acionar o MI. Do modo que foi deduzido, implementado e validado o modelo matemático dinâmico do MI no PSIM, obteve-se as equações que regem o seu comportamento. Deste modo, foi

possível analisar qualquer um dos parâmetros disponibilizados pelas equações do motor, e assim as mesmas equações são utilizadas para implementar o sistema supervisório e para as comparações e validações realizadas.

Para que a validação do sistema supervisório estive-se coerente, foi realizado o acionamento com a interface de acionamento, porém sem conecta-la ao inversor trifásico, analisando assim as tensões modulantes resultantes das PWMs. Os resultados obtidos durante o acionamento desconectado do inversor, proporciona a verificação do comportamento do acionamento antes de ser acionada a máquina elétrica, proporcionando assim segurança. A Fig. 6a mostra a tensão modulante *Vag* oriunda do sistema supervisório.

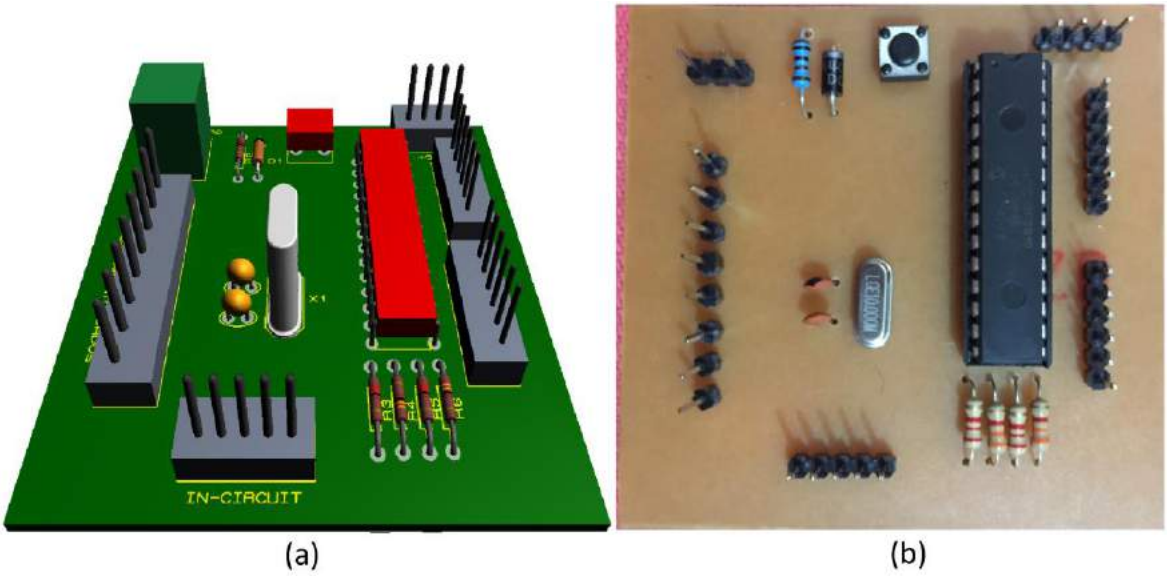



Figura 5. (a) Projeto da interface de acionamento. (b) Placa de circuito impresso da interface de acionamento

Como os resultados obtidos do acionamento validado com o supervisório foram coerentes, realizou-se o acionamento do inversor trifásico utilizando a interface de acionamento. Foi utilizado cargas RL (Resistivas e Indutivas) conectadas em estrela, emulando um motor elétrico, para validação da plataforma de acionamento e supervisório. Por intermédio da Fig. 6b, é possível verificar o comportamento das tensões modulantes resultantes da interface de acionamento e aplicadas ao inversor trifásico.

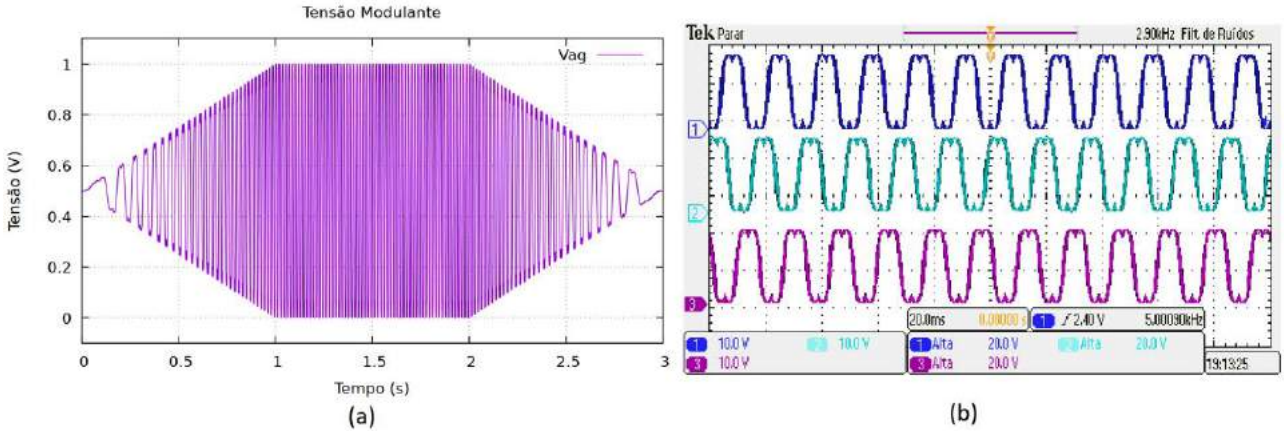



Figura 6. (a) Tensão modulante no supervisório. (b) Tensão modulante na interface de acionamento.

Conforme mostra a Fig. 6, as tensões modulantes obtidas do supervisório estão em concordância as obtidas durante o acionamento prático, e também em coerência as tensões modulantes obtidas no aplicativo PSIM, validando deste modo a plataforma de acionamento desenvolvida, além de apresentar um sistema com precisão, e possibilitar que o controle opere em ponto flutuante. Também salienta-se que o sistema é de baixo custo e opera o controle com um sistema supervisório em paralelo. Ressalta-se que os resultados apresentados são parciais e o acionamento experimental do MI trifásico será realizado posteriormente. Em trabalhos futuros, a plataforma será empregada no acionamento de motores síncronos de ímãs permanentes e poderá acionar também motores trifásicos de relutância variável bem como o motor *Brushless* DC.

## 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvida uma plataforma ao acionamento e supervisão de máquinas elétricas. Deste modo, foram apresentados os procedimentos metodológicos às validações computacionais e experimentais bem como resultados obtidos. Inicialmente foi exposto as formas como cada etapa do trabalho foi desenvolvido, ou seja, a implementação do modelo matemático e controle V/f no aplicativo PSIM. Com a etapa de validações em aplicativo concluídas, foram implementados o controle e o sistema supervisório no Raspberry Pi, utilizando a linguagem C, que proporcionou velocidade e otimizações ao algoritmo. Também é apresentado os resultados do controle e do supervisório operando em conexão ao sistema, a qual é a contribuição do trabalho, pois, utiliza o sistema supervisório para verificação antes da realização do acionamento da máquina elétrica, em conjunto a supervisão durante o acionamento. Além disso, destaca-se que o sistema de controle e supervisório é inovador na área de acionamento de máquinas elétricas, e apresenta bons resultados em comparação aos sistemas já existentes.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecimento à FAPERGS e ao curso de Engenharia Elétrica da URI – Erechim, pela disponibilidade de uso dos laboratórios, instrumentos de medida, equipamentos e materiais utilizados durante o desenvolvimento do trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS

Barbi, I., 2006. *Eletrônica de potência*. Do Autor, Florianópolis, 6ª edição.

Chapman, S.J., 2013. *Fundamentos de máquinas elétricas*. Mc Graw Hill, New York, 5ª edição.

Chiba, A., Fukao, T., Ichikawa, O., Oshima, M., Takemoto, M. e Dorrell, D. G., 2005. *Magnetic bearings and bearingless drives.* Newnes, India, 1ª edição.

Depenbrock, M., 1988. "Direct Self-Control (DSC) of Inverter-Fed Induction Machine". IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 3, p. 420-429.

Krause, P.C., Wasynczuk, O., Sudhoff, S. e Pekarek, S., 2013. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems.* Wiley-IEEE PRESS, New Jersey, 3ª edição.

Krishan, R., 2001. *Electric Motor Drives: Modeling Analysis and Control.* Prentice Hall, New Jersey, 1ª edição.

Vas, P., 1998. *Sensorless Vector and Direct Torque Control.* Oxford University Press, Londres, 1ª edição.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelos materiais impressos incluídos neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS RGB PARA USO INDUSTRIAL

**Matheus Maroso da Silva**
**Joan Michel Levandoski**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
135063@upf.br; joan@upf.br

***Resumo:*** *A pesquisa e o desenvolvimento do processamento digital de imagens está em alta em muitos polos atuais, como reconhecimento facial, de carros, de pessoas, de objetos, além de uma enorme importância no ramo industrial, onde com ele é possível observar peças defeituosas, soldas mal feitas, acompanhar o controle e o processo da produção em masssa. Pensando nisso foi elaborado o estudo para entender melhor o seu funcionamento e as possíveis aplicações, que teve como foco imagens digitais coloridas, onde é observado uma maior aplicação e utilização da mesma visto que é possível acessar a matriz da imagem e obter os valores das cores, esses valores obtidos foram número diferentes para vermelho (100), verde (75), azul (85), branco (140) e preto (45).*

***Palavras-chave:*** *Matriz, processamento de imagem, RGB.*

## 1.r INTRODUÇÃO

A indústria dos jornais teve uma das primeiras aplicações de imagens digitais, cujo um trajeto entre Londres e Nova York via cabo submarino (cabo Bartlane) reduziu de mais de uma semana para menos de três horas o tempo necessário para enviar uma fotografia pelo oceano Atlântico isso no início da década de 1920. Foi necessário um equipamento de impressão especializado que codificava as imagens para a transmissão pelo cabo e depois as reconstruía no recebimento (Gonzalez e Woods, 2010).

Os primeiros sistemas implementados eram capazes de codificar imagens em até cinco níveis de cinza distindos. Em 1929 estes cinco níveis passaram a ser 15. Contudo só após o nascimento do computador é que o processamento digital de imagens realmente começou a se desenvolver, devido à grande necessidade de velocidade de processamento proporcionada pela nova invenção (Gonzalez e Woods, 2010).

O processamento digital de imagens começou a ser desenvolvido no final da década de 1960 início da de 70, com propósito de utilização na área médica, nas observações remotas de recursos da Terra e na astronomia (Gonzalez e Woods, 2010).

Hoje em dia, não existe praticamente mais nenhuma área de empreendimento técnico que não seja impactada de uma forma ou de outra pelo processamento digital de imagens, como exemplo disso temos, as imagens formadas por raios gama, imagens formadas por raios X, por banda ultravioleta, na banda visível e na banda infravermelha, imagens na banda de micro-ondas, na banda de rádio, além de outros métodos menos comuns (Gonzalez e Woods, 2010).

Pensando em todas as aplicações existentes e sua vasta abrangência, foi organizado o estudo de processamento digital de imagens coloridas, RGB.

## 2.r MATERIAIS E MÉTODOS

A definição de imagem pode ser obtida por uma função bidimensional $f\ (x, y)$, onde $x$ e $y$ são coordenadas espaciais no plano, e a amplitude de $f$ em qualquer par de coordenadas $(x, y)$ é nomeada de intensidade ou nível de cinza da imagem nesse ponto. Denomina-se de imagem digital quantidades finitas e discretas de $x$, $y$ e $f$. Com o auxílio de um camputador digital pode-se processar imagens digitais que são formadas por um número finito de elementos cada um com uma localização e com um valor específico, essas medidas podem ser nomeadas como elementos pictóricos, elementos de imagem, *pels* ou *pixels*, onde *pixel* é a palavra mais utilizada para definir uma imagem digital, e a esse campo recebe o nome de processamento digital de imagens (Gonzalez e Woods, 2010).

Não existe praticamente mais nenhuma área de empreendimento técnico hoje em dia que não utilize o processamento digital de imagens de alguma forma, podem-se citar exemplos como os raios-X, microscopia ótica, detecção de objetos em indústrias, radiografias, entre outras, todas utilizam das ondas eletromagnéticas que podem ser interpretadas como

ondas senoidais, tendo vários comprimentos, que propagam, ou podem ser vistas como um fluxo de partículas sem massa, se movendo na velocidade da luz e em seu próprio padrão ondulatório, as partículas sem massa contém energia, que se denomina fóton (Gonzalez e Woods, 2010).

Alguns passos são fundamentais para o processamento digital de imagem. O primeiro deles e o que faz os outros funcionarem é a aquisição de imagem que pode ser algo simples como receber uma imagem que já está em formato digital, mas em geral, envolve um pré-processamento, como redimentonamento (Gonzalez e Woods, 2010).

O processamento de imagens coloridas tem ganhado força e importância graças a grande utilização de figuras digitais na Internet, e uma de suas grandes abordagens e usos são a extração de características específicas pela cor (Gonzalez e Woods, 2010).

Uma imagem nada mais é do que uma matriz $a$ de ordem $m$ x $n$, que gera uma tabela de números dispostos em $m$ linhas por $n$ colunas, como mostra a Equação 1 (Gonzalez e Woods, 2010):

$$a = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & \cdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

Cada elemento da matriz é referenciado por um índice $a_{ij}$, em que $i$ indica o número da linha e $j$ indica o número da coluna onde o elemento se encontra e pode ser acessado ou modificado (Morais; Vieira, 2006).

Dependendo do número de linhas e colunas de uma matriz, pode falar-se em diferentes tipos de matrizes, se o número de linhas é igual ao número de colunas ($m = n$) designa-se matriz quadrada, se a matriz possui uma única linha ($m = 1$) é nomeada como vetor linha, se por possuir uma única coluna ($n = 1$) é dita como vetor coluna (Morais; Vieira, 2006).

Com a utilização de um Raspberry Pi 3 Model B junto com a sua câmera v2 de 8 MP que pode chegar a resoluções de 2592x1944 *pixels*, capturou-se fotos (Figura 1) que foram processadas pelo programa escrito trazendo muitos resultados para fazer o estudo de imagens coloridas para possíveis aplicações e utilizações.

Figura 1. Imagem de teste de cor RGB

O *software* entende uma imagem colorida como uma imagem 3-D, onde seus eixos são definidos como RGB, *Red* (Vermelho), *Green* (Verde) e *Blue* (Azul), gerando a foto colorida que conhecemos e utilizamos no dia a dia, mas nos programas de computador normalmente ela é datada como citado anteriormente.

O primeiro passo após a captura do objeto de estudo, é separar os seus eixos para melhor entendimento do processo realizado, obtendo-se 3 matrizes e 3 imagens correspondentes, uma com prioridade vermelha, uma com prioridade verde e a outra com a cor azul, cada uma por sua vez exclui as outras do seu plano fazendo assim uma separação de cores,

contudo é necessário fazer um filtro para se obter a resposta desejada, apenas fazendo o método de exclusão apresentado, haverá resquícios das outras cores na matriz gerada.

Com a separação das cores feita, é possível por meio das matrizes geradas obter os valores númericos referêntes a cada cor dos eixos, sendo vermelho o número próximo ao 100, verde é aproximado de 75, e azul o número é perto de 85, podendo haver variação de alguns digitos no valor da unidade devido a iluminação do ambiente. Os valores númericos podem variar de 0 à 255, onde a cor branca é datada pelo número 140 aproximadamente, e a cor preta é caracterizada pelo nímero 45, dependo da faixa de cor observada e analisada, contudo, para cada matriz de referência ela terá um valor diferente, pois o programa exclui um eixo do outro, e as cores que conhecemos são formadas pelos 3 eixos juntos.

Contudo o que se deve levar em conta são as separações corretas, por exemplo, na matriz da imagem azul, o valor do azul encontrado nela é o valor original e verdadeiro, assim como nas outras cores, o funcionamento é do mesmo modo com o vermelho e o verde.

## 3.r RESULTADOS

Os resultados obtidos com o programa feito foram os valores das cores gerados pela análise da imagem RGB (Figura 2). Foi observado que cada cor possui um respectivo número que o caracteriza (Figura 3), e que pode sofrer alterações de valores em decorrência da luminosidade do ambiente.

Figura 2. Imagem em forma de números

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 105 | 91 | 71 | 57 | 55 | 49 | 48 | 46 | 49 | 52 |
| 105 | 91 | 72 | 58 | 55 | 48 | 48 | 45 | 48 | 50 |
| 105 | 92 | 74 | 59 | 54 | 48 | 47 | 45 | 47 | 49 |
| 104 | 92 | 77 | 61 | 54 | 50 | 49 | 46 | 48 | 50 |
| 103 | 93 | 79 | 63 | 53 | 52 | 51 | 48 | 49 | 51 |
| 103 | 93 | 82 | 65 | 52 | 54 | 52 | 49 | 50 | 51 |
| 102 | 93 | 84 | 66 | 51 | 54 | 52 | 48 | 49 | 50 |
| 102 | 94 | 85 | 67 | 51 | 53 | 51 | 47 | 48 | 49 |
| 107 | 98 | 86 | 68 | 54 | 48 | 48 | 46 | 48 | 50 |
| 106 | 97 | 86 | 69 | 56 | 50 | 50 | 47 | 48 | 49 |
| 106 | 97 | 87 | 71 | 59 | 53 | 52 | 48 | 48 | 47 |

Figura 3. Números referentes as cores

Outro fator observado foi que os valores referentes a cor preta e branca permacem iguais nas três matrizes geradas, demonstrando que elas são padrões independente de qual referência for utilizada, já os outros valores existentes nas outras matrizes podem mudar seus números dependendo de qual das três matrizes for utilizada, podendo ter variações muito grandes saindo de valores da casa dos centenários para os unitários ou decimais.

## 4.r CONCLUSÃO

O estudo das imagens RGB e as matrizes geradas são de imensa importância para futuras pesquisas e projetos nessa área, visto que é apenas uma pequena parte de um projeto maior que visa a utilização dessas ferramentas para implementação industrial, contudo para chegar nesse ponto é necessário muito estudo e dedicação, além de um conhecimento muito alto de manipulação de matrizes para se tirar todo o potêncial que a técnica apresenta.

Não somente em implementações industriais, mas em várias áreas de estudo essa técnica pode ser utilizada, devido a geração de uma matriz matemática de fácil acesso e alteração, dependendo apenas da imaginação de quem for utilizar do método para o estudo ou implementação.

## 5.r REFERÊNCIAS

Gonzalez, R. C.; Woods, R. E., 2011. *Processamento digital de imagens*. 3. ed. Pearson Education, Inc. São Paulo, Brasil.

Morais, V.; Vieira, C., 2006. *MATLAB 7&6*. 3. ed. Abril, Lisboa.

## 6.r TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PLATAFORMA TECNOLÓGICA APLICADA À COLETA DE PARÂMETROS AMBIENTAIS EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE

**Suélen Bampi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
suel.bampi@gmail.com

**Camila Sampaio dos Reis**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
camilasampaiodosreis@gmail.com

**Marcos Ismael Schultz**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
marcos11-24@hotmail.com

***Resumo.*** *O levantamento de informação quanto aos parâmetros ambientais encontrados em estabelecimentos assistenciais de saúde, possui uma grande relevância ao corpo clínico e administrativo destes empreendimentos, sabendo que determinadas condições estabelecidas por normas precisão ser atendidas, assegura-se a todos o conforto ao se trabalhar ou ao se frequentar tais ambientes. De encontro a isso, o desenvolvimento de uma plataforma tecnológica capaz de coletar tais informações mostra-se importante, pois além das condições de confortos as pessoas envolvidas, tem-se os efeitos do ambiente sobre a estrutura física. Seu desenvolvimento se dará por meio de dois sensores um de luminosidade (TSL2561) e um de temperatura/umidade (DHT22), coordenados através das plataformas, Arduino Uno R3 e Arduino Mega.*

***Palavas-chave:*** *Estabelecimentos Assistenciais de Saúde, Parâmetros Ambientais, Plataforma tecnológica, Sensores, Arduino.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em empreendimentos hospitalares, bem como em outras áreas, é necessário atender padrões estabelecidos por normativas. No ambiente hospitalar, características ambientais como temperatura, ruído, luminosidade, umidade, dentre outras, precisam estar adequadas para um bom funcionamento dos equipamentos médicos, e para a realização das atividades laborais do corpo clínico, como também para a segurança dos pacientes. Com isso, observam-se que vários podem ser os fatores associados às condições ambientais, o que se busca é um ambiente desprovido de problemas ergonômicos (Carayon, 2012; Elias, 2013).

Para isso, é fundamental o estudo e análise das normas técnicas associadas a cada parâmetro ambiental nos serviços em saúde, como forma de gerenciá-los e identificá-los de acordo com os padrões pré-estabelecidos pelas normas técnicas associadas. Estes parâmetros são considerados importantes porque podem limitar a efetividade do uso de equipamentos e afetar o desempenho dos usuários. Para a obtenção de dados em ambientes hospitalares, se faz necessário a implementação de uma rede de sensores que captem do ambiente informações que possam ser analisadas conforme a regulamentação vigente (Delgado, 2016; Reis *et al*., 2017).

Considerando monitorar parâmetros ambientais no meio hospitalar foi desenvolvida uma plataforma tecnológica que contempla uma rede de sensores para monitorar temperatura, umidade e luminosidade. A partir das informações coletadas é possível identificar se os serviços hospitalares em análise atendem os padrões estabelecidos pelas normas técnicas vigentes.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da plataforma tecnológica se consistiu através da definição dos sensores de temperatura, umidade e luminosidade, coordenação dos componentes Arduino Uno R3 e Arduino Mega, sistema de comunicação por meio do módulo de rádio frequência RF433 MHz, bem como, pelo armazenamento das informações considerando o módulo *Ethernet Shield W5100*.

### 2.1 *Sensor DHT22*

Para a coleta dos parâmetros temperatura e umidade, optou-se por utilizar o sensor DHT 22, com características técnicas de temperatura entre -40°C à 80°C, valores de umidade entre 0% a 100%, e tempo de resposta de 2s, e ambos parâmetros com precisão de +/- 0,1%. As duas condições físicas são obtidas em decorrência do mesmo apresentar um sensor capacitivo de umidade e um termistor para medir as circunstâncias ambientais que serão interpretadas por um controlador que produz sinais digitais ( MATTOS, 2015).

O sensor escolhido possui uma biblioteca disponível na Plataforma Arduino para executar a função de leitura das variáveis temperatura e umidade. Com a definição do pino digital 7 se habilita a leitura da porta, armazenando em variáveis diferentes os dados lidos através dos comandos *dht.readHumidity()* e *dht.readTemperature()* que farão a conversão dos valores de tensão mandados pelo sensor e as variáveis definidas como "*float"* (ponto flutuante).

### 2.2 *Sensor TSL2561*

O sensor de luminosidade TSL 2561 calcula a quantidade de luz, sendo um conversor que transforma a intensidade de luz em um sinal digital, o qual pode ser interpretado por um microcontrolador. Este sensor também possui uma biblioteca disponível na Plataforma Arduino o que facilita o desenvolvimento do código.

Para certificação dos valores captados pelo sensor, houve uma comparação entre tais valores com o luxímetro digital MLM-1011 da Minipa. As amostras foram coletadas sob as mesmas características, resultando nos valores descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores obtidos pelo luxímetro MLM-1011e o módulo TSL2561.

| Luxímetro | TSL2561 | Diferença |
|---|---|---|
| 4 lux | 3 lux | 1 lux |
| 34 lux | 28 lux | 6 lux |
| 77 lux | 80 lux | 3 lux |
| 105 lux | 95 lux | 10 lux |
| 150 lux | 173 lux | 23 lux |
| 200 lux | 218 lux | 18 lux |
| 230 lux | 236 lux | 6 lux |
| 250 lux | 299 lux | 49 lux |
| 300 lux | 399 lux | 99 lux |
| 340 lux | 480 lux | 140 lux |
| 400 lux | 550 lux | 50 lux |
| 440 lux | 580 lux | 40 lux |
| 480 lux | 609 lux | 129 lux |
| 530 lux | 611 lux | 81 lux |
| 570 lux | 660 lux | 10 lux |
| 640 lux | 731 lux | 9 lux |
| 750 lux | 1005 lux | 255 lux |
| 800 lux | 1081 lux | 281 lux |
| 900 lux | 1219 lux | 331 lux |
| 930 lux | 1261 lux | 331 lux |
| 1000 lux | 1359 lux | 359 lux |
| 1080 lux | 1469 lux | 389 lux |

### 2.3 *Protótipo*

Uma vez tendo os sensores operando corretamente, desenvolveu-se placas de circuito impresso para ambos os sensores, tendo por objetivo a redução de mau contato por oxidação e redução das dimensões apresentadas nas configurações de testes para os sensores.

Com a utilização do software Proteus®, criou-se os *layouts* de impressão, empregados posteriormente junto a placas de Fenolite cobreadas e corroídas em Percloreto de Ferro. Os circuitos projetados para as placas responsáveis por comportar cada um dos sensores, encontram-se nas Figuras 1 e 2.

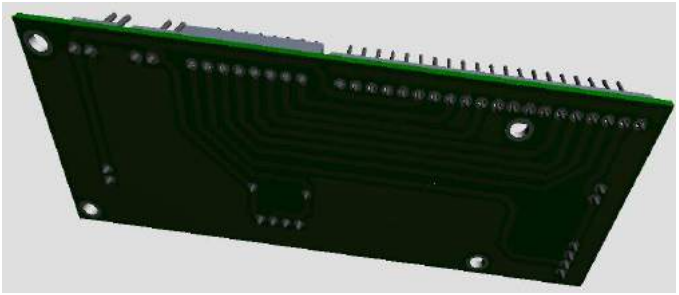


Figura 1. Placa projetada para o circuito do sensor DHT22.

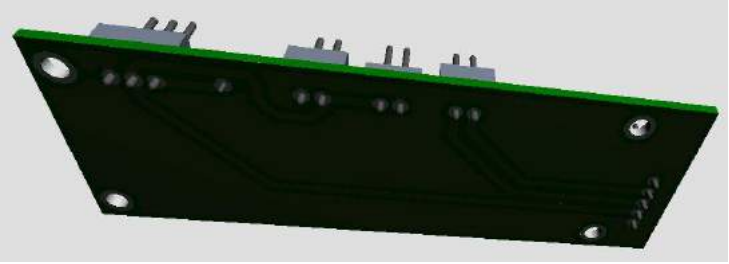


Figura 2. Placa projetada para o circuito do sensor TSL2561.

O protótipo desenvolvido foi implementado em duas caixas para protótipos, sendo cada uma delas responsável por coletar parâmetros distintos, de modo a seguir o protocolo de envio ou recebimento de dados, de acordo com a programação efetuada. O sistema conta com um sistema de refrigeração em cada uma das caixas, consistindo basicamente de um mini ventilador com bucha (40x40x10mm) operando a uma tensão de 12V, ressalta-se que a ventilação empregada nas placas de circuito, não afetam o sensor de temperatura e umidade posicionado no exterior da caixa de protótipo, e o sistema de comunicação é realizado através de um módulo de rádio frequência que opera em 433MHz, necessário caso seja almejado alturas de coletas distintas para cada parâmetro, além dos dois sensores.

A caixa 1 gerenciada por um Arduino Uno R3 (Figura 3) é responsável por coletar o parâmetro luminosidade e conjuntamente com um transmissor por rádio frequência, que envia os dados adquiridos pelo sensor de luminosidade para a caixa 2.

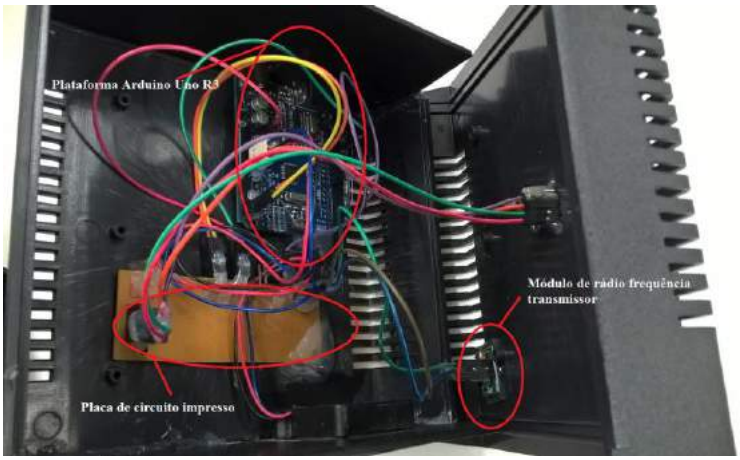



Figura 3. Caixa 1 do protótipo – sensor de luminosidade.

A caixa 2 (Figura 4) é responsável pelos parâmetros de temperatura e umidade, sendo gerenciada por um Arduino Mega, que por apresentar uma maior quantidade de portas digitais, torna-se mais adequada para esta aplicação, uma vez que junto a essa plataforma é necessário a inserção da uma tela LCD 16x2, um canal de comunicação serial para o módulo de rádio frequência receptor e um *shield* de internet (*Ethernet Shield W5100*), responsável por reter os dados coletados em um cartão de memória.

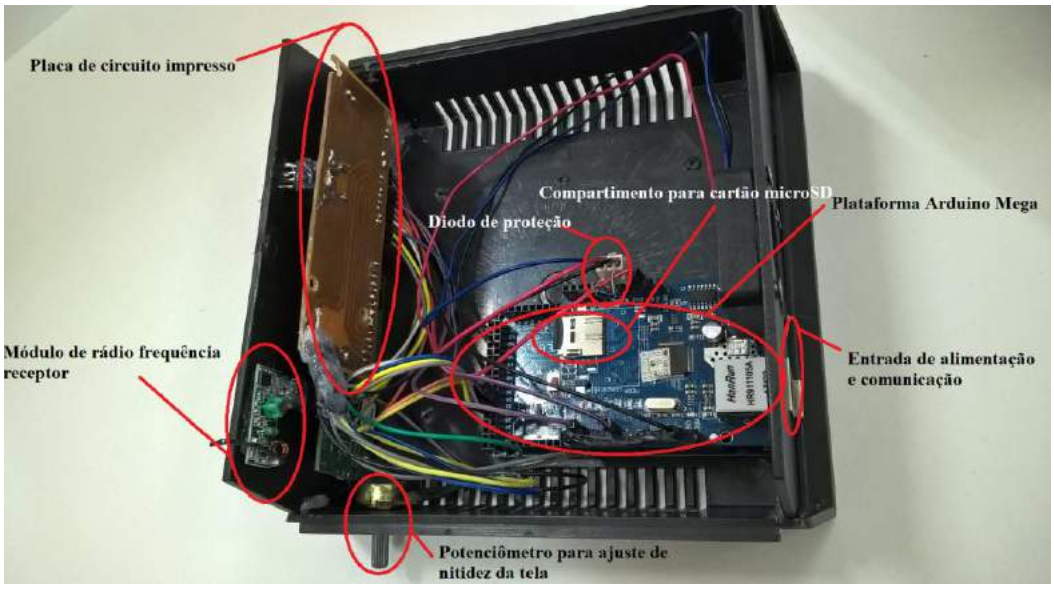



Figura 4. Caixa 2 do protótipo – sensor de umidade e temperatura.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 *Calibração do Sensor TSL2561*

Calibração do Sensor TSL2561Nas análises comparativas em diversos ambientes com diferentes iluminações, observou-se diferenças entre o sensor TSL 2561 e o luxímetro MLM-1011 da Minipa de até 389 lux (baseados nos dados da tabela 1). Visando minimizar o erro do módulo TSL 2561, desenvolveu-se uma equação polinomial que melhor descreve o comportamento dos dados coletados.

$$V_{lux} = (-0{,}0002 \cdot lux^2) + (1{,}1712 \cdot lux) - 7{,}5894 \quad (1)$$

Sendo "*lux*", os valores coletados pelo módulo que estavam apresentando discrepância e "$V_{lux}$" os novos valores que serão mostrados, agora corrigidos. Aplicando a equação (1) desenvolvida no código de instruções, os valores apresentados pelo módulo TSL2561 passaram a retornar os valores da tabela 2.

Tabela 2. Valores obtidos após correção com equação 1.

| Luxímetro | TSL2561 | Diferença |
|---|---|---|
| 8 lux | 7 lux | 1 lux |
| 300 lux | 312 lux | 12 lux |
| 580 lux | 558 lux | 22 lux |
| 606 lux | 587 lux | 19 lux |
| 615 lux | 597 lux | 18 lux |
| 731 lux | 775 lux | 44 lux |
| 1060 lux | 1089 lux | 29 lux |

Analisando os dados obtidos, percebesse que a maior diferença encontrada entre todos os valores medidos fora de 44 lux. O ajuste com poucos valores possibilitou minimizar significativamente o desvio entre os pontos de controle (luxímetro) e os pontos coletados pelo módulo.

### 3.2 *Protótipo*

Protótipo A plataforma tecnológica final produzida encontra-se na Figura 5, de forma a permitir uma visualização da disposição externa dos sensores e demais componentes utilizados.

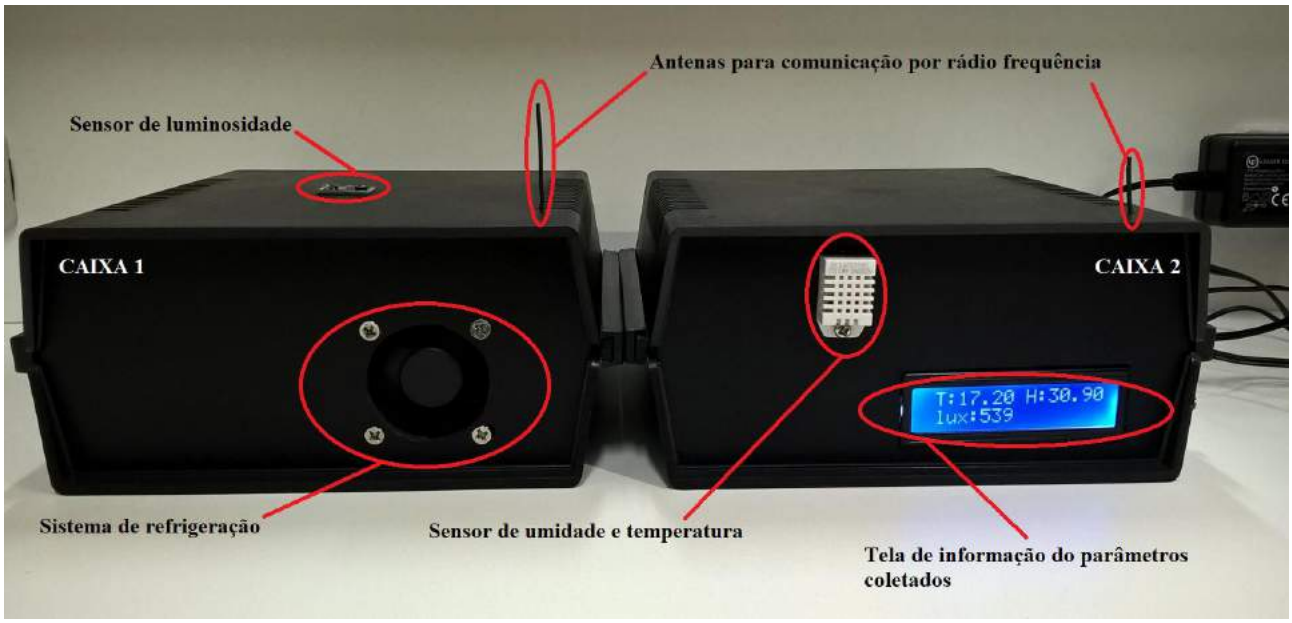



Figura 5. Plataforma tecnológica desenvolvida.

Com o protótipo desenvolvido torna-se possível coletar parâmetros ambientais em salas hospitalares como por exemplo, salas de tomografia, blocos cirúrgicos e Unidades de Tratamento Intensivo (UTI).

## 4. CONCLUSÃO

Os testes apontam bom funcionamento do protótipo em um período contínuo de funcionamento, o que os qualificam para a obtenção dos dados almejados, além dos valores estarem condizentes com equipamentos comerciais similares (luxímetro), o protótipo não apresentou nenhum problema de funcionamento ou mesmo a perda de dados durante o período de obtenção das informações para sua validação.

## 5. REFERÊNCIAS

Carayon, P., 2012. *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety*. [S.l.]: CRC Press.

Delgado, M.A., 2016. *Proposta de Metodologia do Uso da Engenharia de Fator Humano para Suporte da Gestão de Tecnologia Médico Hospitalar*. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Elias, G.A., 2013. *Metodologia para Avaliação de Parâmetros Ambientais em Serviços de Saúde.* Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas.

Mattos, J. JR., 2015. *Temperatura e umidade relativa do ar atmosférico utilizando microcontrolador*. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2015.

Reis, C. S.; Bampi, S.; Schwanke, M.; Schultz, M. I.; Stankiewicz, A. L.; 2017. *Monitoramento de variáveis ambientais integradas à prática clínica em estabelecimentos assistenciais de saúde*. III Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação Erechim, pg. 4.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPARAÇÃO DA CONVERSÃO DE ENERGIA ENTRE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM INCLINAÇÃO FIXA E COM A UTILIZAÇÃO DE SEGUIDORES SOLARES

**Tailan Orlando**
**Claodomir Antonio Martinazzo**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner. Erechim, RS.
tailan_orlando@hotmail.com, mclao@uri.com.br.

***Resumo.*** *Este artigo apresenta um estudo comparativo entre a geração fotovoltaica de painéis posicionados com inclinação fixa e painéis que utilizam sistemas de posicionamento constante para seguimento solar. O estudo baseia-se na simulação de ambos os sistemas para o período de um ano. Inicialmente realizou-se o estudo do comportamento aproximado da radiação solar sobre a superfície terrestre e suas componentes principais, a fim de relacionar seu ângulo de incidência sobre a superfície de um painel fotovoltaico com a quantidade de energia convertida pelo painel. Para estimar a energia convertida pelo painel, fez-se o uso do modelo do diodo único para o painel fotovoltaico. Foram simulados dois sistemas de geração, um sistema com inclinação fixa de 32 ° (inclinação recomendada para a cidade de Erechim - RS), e um sistema de seguimento solar de dois eixos (vertical e horizontal). Ambos os sistemas foram simulados para o período de um ano na cidade de Erechim - RS, considerando condições ótimas de tempo (todos os dias sem nuvens). Os resultados das simulações mostram um aumento bruto de 33,49 % de conversão de energia para o sistema com seguimento solar de dois eixos.*

***Palavras-chave:*** *Energia solar fotovoltaica, seguidor solar, simulação, eficiência.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em relação a geração de energia fotovoltaica mundial, os 10 países que no ano de 2017 possuíam maior capacidade instalada de energia fotovoltaica, eram, nesta ordem, China, Estados Unidos, Japão, Alemanha, Itália, Índia, Reino Unido, França, Austrália e Espanha. Esses países chegaram a corresponder a 90% da potência instalada o mundo (IEA PVPS, 2018).

O Brasil é um país abundante em radiação solar, e com a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL que permite ao pequeno produtor injetar energia na rede, a implantação de novos pontos de geração fotovoltaica cresce continuamente. (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Dentre os métodos que possibilitam aumentar a eficiência de sistemas fotovoltaicos, Stamatescu et al. (2014), apresentaram três métodos como principais. Um dos métodos consiste em pesquisas na construção das células que convertem a energia solar em energia elétrica, outro método baseia-se na conversão de energia elétrica, com algoritmos de máxima transferência de potência, e outra forma é aumentar a captação da energia emanada pelo sol por meio de sistemas de posicionamento de painéis.

Percebendo a necessidade de aumentar a eficiência dos painéis fotovoltaicos, e diante da possibilidade de aumentar a radiação solar incidente no painel fotovoltaico, tornando-o perpendicular aos raios solares, o uso de técnicas de rastreamento solar tornam-se consideráveis para o projeto de novas instalações.

Esse estudo tem por objetivo estimar o ganho na conversão de energia solar em energia elétrica de sistemas de seguimento solar de dois eixos em comparação com sistemas inclinados fixos, com o auxílio do *software* MATLAB. Com esse intuito, desenvolveu-se a modelagem da trajetória aparente do Sol para descrever o comportamento da radiação incidente sobre um painel fotovoltaico e a energia convertida em duas diferentes configurações de posicionamento de painéis, um painel com inclinação fixa e um com sistema de seguidor solar.

De acordo com Duffie e Beckman (2013), a relação entre a posição em que o Sol se localiza na cúpula do céu em qualquer momento de qualquer dia do ano e uma superfície, pode ser descrita pela relação de diversos ângulos. A Fig. 1 apresenta os principais ângulos da posição solar, onde $\alpha_s$ é a altitude solar; $\theta_s$ é o ângulo de zênite solar; $\gamma_s$ é o azimute solar; $\gamma$ é o azimute da superfície e $\beta$ é a inclinação da superfície.

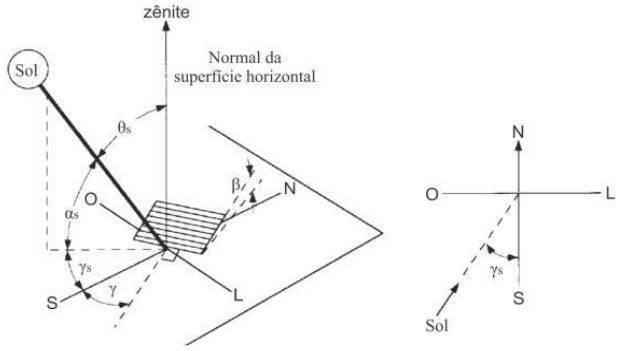



Figura 1. Principais ângulos pertinentes a geometria solar aparente. Fonte: Duffie e Beckman (2013)

O ângulo entre a radiação direta e o plano da superfície é conhecido como altitude solar, e tem seu maior valor durante o verão e seu menor valor durante o inverno (VILLALVA, 2015). Segundo Duffie e Beckman (2013) para encontrar o ângulo de altitude solar devem ser definidas relações entre a declinação solar ($\delta$), definida pela Eq. (1), onde $n$ é o dia do ano, $\Phi$ é a latitude do local, e $\omega$ é o ângulo horário definido pela Eq. (2), onde $T$ é o tempo no instante. A altitude solar é definida pela Eq. (3) e assume valores entre 0 ° e 90 °.

$$\delta = 23,45 sen\left(360\frac{284+n}{365}\right) \tag{1}$$

$$\omega = 15\left(T-12\right) \tag{2}$$

$$\alpha_s = sen^{-1}\left[cos(\phi)cos(\delta)cos(\omega)+sen(\phi)sen(\delta)\right] \tag{3}$$

De acordo com Duffie e Beckman (2013), a representação dos raios solares com relação ao Sul geográfico é denominada azimute solar. Seu valor varia de -180° a 180°, sendo 0° quando voltado para o Sul, negativo a Leste e positivo a Oeste. O sinal do azimute solar acompanha o sinal do ângulo horário, como pode ser visto na equação (4).

$$\gamma_s = sign(\omega)\left|cos^{-1}\left(\frac{cos(\theta_s)sen(\phi)-sen(\delta)}{sen(\theta_s)cos(\phi)}\right)\right| \tag{4}$$

A energia produzida pelo Sol é liberada na forma de ondas eletromagnéticas. Essa radiação percorre cerca de $1,5x10^{11}$ m de distância até a camada superior da atmosfera terrestre. O valor da energia que é recebida em um plano perpendicular aos raios solares na parte externa da atmosfera a uma distância média entre o Sol e a Terra é descrita pela constante solar ($I_{cs}$). Seu valor é de aproximadamente 1367 W/m$^2$ (JAGER et al., 2014).

A trajetória solar aparente sofre variações durante o ano todo, afetando diretamente a radiação que incide sobre um painel. Além da declinação solar que está diretamente ligada a altitude solar, a radiação extraterrestre ($I_0$) também sofre alterações devido a variação da distância entre a Terra e Sol no movimento de translação. Essa variação é de aproximadamente 3,3 % e pode ser expressa pela Eq. (5) (DUFFIE; BECKMAN, 2013).

$$I_0 = I_{cs}\left[1+0,033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right] \tag{5}$$

De acordo com Badescu (2008), parte da radiação extraterrestre que ultrapassa a atmosfera terrestre interage com a atmosfera e é absorvida ou sofre dispersão. A porção de radiação que não sofre dispersão e continua na mesma direção é chamada de radiação direta ($I_b$), a porção dispersa é chamada de radiação difusa ($I_d$). A soma destas duas componentes resulta na radiação global ($I_g$). Parte desta radiação é refletida quando atinge superfície terrestre, essa porção é conhecida como radiação refletida ($I_r$).

A parcela de radiação que chega diretamente a superfície terrestre está diretamente ligada com a sua interação com a atmosfera. Uma forma de estimar a massa de ar ($m_a$) é apresentada por Duffie e Beckman (2013), e é dependente da altitude solar ou do ângulo de zênite solar. A massa de ar é definida pela Eq. (6).

$$m_a = \frac{1}{cos\left(\theta_s\right)} = \frac{1}{sen\left(\alpha_s\right)} \tag{6}$$

Um ângulo de incidência maior resulta em uma massa de ar maior, uma vez que a quantidade de atmosfera a ser atravessada pela radiação é maior. A influência da massa de ar na radiação global está diretamente relacionada com o local, o instante, o clima, os elementos que compõem a atmosfera e outros diversos fatores (VILLALVA, 2015).

A radiação direta pode ser encontrada estimando-se a transmitância atmosférica ( $\tau_b$ ). Hottel (1976), apresentou um modelo que considera a radiação extraterrestre, a altitude do local (*h*) e a massa de ar, como é mostrado na Eq. (7).

$$I_b = I_o \tau_b \tag{7}$$

A radiação difusa é a porção da radiação direta que teve sua trajetória alterada após a passagem pela atmosfera. Também está diretamente relacionada com a massa de ar (DUFFIE; BECKMAN, 2013). Segundo Jager et al. (2014), para uma aproximação, a radiação difusa pode ser estimada como 10 % da radiação direta.

A diferença entre a radiação incidente na superfície da Terra e a radiação incidente na parte externa da atmosfera é a porção de radiação que é absorvida ou refletida pela atmosfera. Em média 29% da radiação extraterrestre é refletida pela atmosfera ou pelo solo. (BADESCU, 2008).

Para estimar a radiação que incide sobre uma superfície é necessário encontrar a direção de cada componente da radiação direta, difusa e refletida. Um modelo isotrópico é apresentado por Liu e Jordan (1963), onde é considerada apenas a fração isotrópica da radiação difusa. Para um painel inclinado a irradiação total incidente pode ser encontrada pela Eq. (8), onde $R_b$ é a relação entre a radiação incidente sobre uma superfície inclinada e sobre uma superfície horizontal e $\rho_g$ é o albedo da superfície onde está instalado o painel.

$$I_T = I_b R_b + I_d \left( \frac{1+cos(\beta)}{2} \right) + I_g \rho_g \left( \frac{1-cos(\beta)}{2} \right) \tag{8}$$

Encontrando o ângulo do vetor normal a superfície do painel em relação ao plano terrestre e o ângulo do vetor formado entre a projeção da normal e o Norte, é possível obter a relação entre a direção da radiação direta e a normal do painel. A radiação direta no painel ( $I_b^p$ ) é representada pela Eq. (9) (JAGER et al., 2014).

$$I_b^p = I_b \left[ cos(\alpha) cos(\alpha_s) cos(\gamma - \gamma_s) + sen(\alpha) sen(\alpha_s) \right] \tag{9}$$

O comportamento da radiação direta sobre um painel inclinado sofre influência da variação da altitude solar além da variação do ângulo de azimute solar. A radiação difusa para o painel inclinado é determinada pelo fator de vista entre o painel e a direção da parcela de radiação difusa, o qual assume um valor fixo, uma vez que é dependente apenas da inclinação do painel. Isso também é válido para a parcela da radiação refletida que chega até o painel inclinado, encontrada pelo fator de vista entre o painel e a radiação refletida.

A radiação direta incide perpendicularmente à superfície de um painel com seguidor e isso implica que a radiação direta seja de 100 %. A radiação difusa apresenta uma variação em seu valor devido a mudança da inclinação do painel, da mesma forma, a radiação refletida também apresenta valores distintos durante o dia, uma vez que a inclinação do painel se altera.

De acordo com Villalva (2015), a radiação solar interfere diretamente na corrente gerada por um painel fotovoltaico. Quanto maior a radiação que chega no painel, maior será sua geração. A direção com que a radiação incide em um painel fotovoltaico também está diretamente ligada com a sua geração. Para que a geração seja a máxima, os raios solares devem incidir perpendicularmente no painel.

Para Villalva, Gazoli e Filho (2009), dadas as características de um painel, a geração de energia elétrica está intimamente ligada a temperatura e a radiação incidente no painel. A natureza não linear do painel deve-se a construção da célula fotovoltaica, que pode ser representada pelos modelos do diodo duplo e do diodo único. O circuito equivalente para o painel fotovoltaico segundo o modelo do diodo único pode ser observado na Fig. 2.

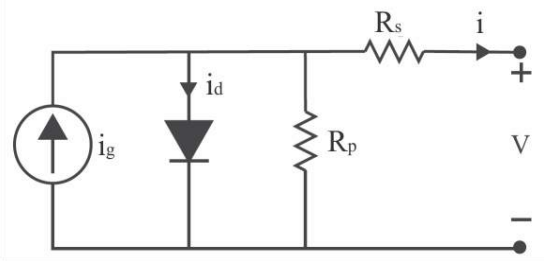



Figura 2. Circuito equivalente do painel fotovoltaico segundo o modelo do diodo único. Fonte: Silva et al. (2015)

Silva et al. (2015), apresentaram um modelo de diodo único que descreve a corrente na saída do painel em função da tensão de saída. São consideradas três componentes no modelo, a corrente gerada pela célula, a corrente no diodo e a corrente da resistência paralela. A corrente na saída do painel é então representada pelas Eq. (10), Eq. (11) e Eq. (12).

$$i = i_g - i_{sat}\left[e^{\left(\frac{V-iR_s}{V_t}\right)} - 1\right] - \frac{V + iR_s}{R_p} \tag{10}$$

$$V_t = \frac{N_s AkT}{q} \tag{11}$$

$$i_g = \left[i_{sc} + k_i\left(T - T_{Ref}\right)\right]\frac{I_T}{I_{Ref}} \tag{12}$$

onde: $i$ é a corrente na saída; $i_g$ é a corrente gerada pela célula; $i_{sat}$ é a corrente de saturação do diodo; $V$ é a tensão na saída do painel; $R_s$ é a resistência série da célula; $V_t$ é a tensão de temperatura; $R_p$ é a resistência paralela da célula; $N_s$ é o número de células em série; $A$ é o ator de idealidade do silício; $k$ é a constante de Boltzmann; $T$ é a temperatura do painel; $q$ é a carga do elétron; $i_{sc}$ é a corrente de curto circuito; $k_i$ é o coeficiente de temperatura; $T_{Ref}$ é a temperatura de referência; $I_T$ é a irradiação incidente no painel e $I_{Ref}$ é a irradiação de referência.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de avaliar o desempenho dos sistemas de geração, realizou-se a simulação matemática no *software* MATLAB de um modelo que representasse o comportamento da radiação solar sobre uma superfície, bem como o modelo de um painel fotovoltaico para possibilitar uma estimativa do aumento da eficiência de geração.

O comportamento da radiação solar foi baseado nas equações da geometria solar. A quantidade de radiação solar e a direção com que ela chega até a superfície terrestre foi simulada para cada dia do ano com intervalos de 1 minuto.

A radiação total incidente foi simulada para dois casos distintos, um painel com inclinação fixa e um painel com seguidor solar. Para cada caso a radiação total instantânea foi estimada levando-se em consideração a cidade de Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil, que possui latitude de -27,63°.

Considerou-se para a simulação todos os dias com insolação total sem nuvens. O painel fixo com inclinação de 32°. Para a radiação refletida, considerou-se o albedo da grama verde $\rho$ = 0,25.

Após encontrada a radiação incidente no painel, partiu-se para a simulação de um modelo de painel fotovoltaico, a fim de estimar a potência gerada pelo painel durante os diferentes níveis de radiação solar. A energia gerada durante um ano foi simulada para obter-se dados durante as quatro estações do ano, tendo então uma estimativa mais coerente.

A simulação foi desenvolvida com o auxílio do *software* MATLAB, onde foram inseridos os parâmetros e informações necessárias para a simulação, bem como as equações do modelo para as duas configurações de painéis.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A orientação da superfície interfere diretamente na magnitude da radiação solar que incide sobre ela. A Fig. 3 mostra a radiação total incidente em um plano inclinado em 32 ° no dia 21 de dezembro (solstício de verão), bem como suas componentes direta, difusa e refletida. É possível observar que a componente direta tem maior influência na irradiação total incidente sobre o painel. Verifica-se também que a maior magnitude da irradiação se concentra no período do meio dia solar.

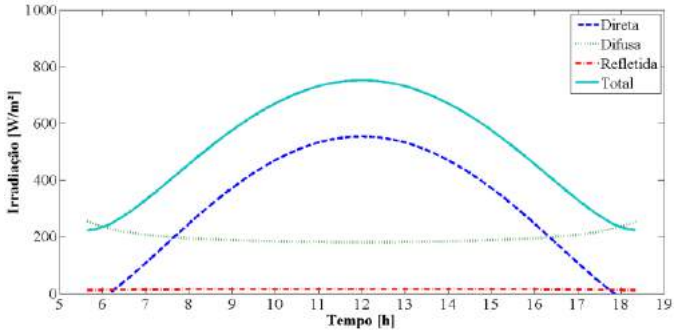



Figura 3. Irradiação direta, difusa, refletida e total sobre uma superfície inclinada no dia 21 de dezembro

O comportamento da irradiação solar incidente em um painel com sistema de seguimento solar é representado na Fig. 4. Pode-se observar o aumento da magnitude da irradiação solar incidente nos períodos do início da manhã e fim da tarde. Essa elevação ocorre devido ao fato do sistema de seguimento solar anular a influência do ângulo de incidência da radiação direta no painel, uma vez que se encontra sempre perpendicular aos raios solares.

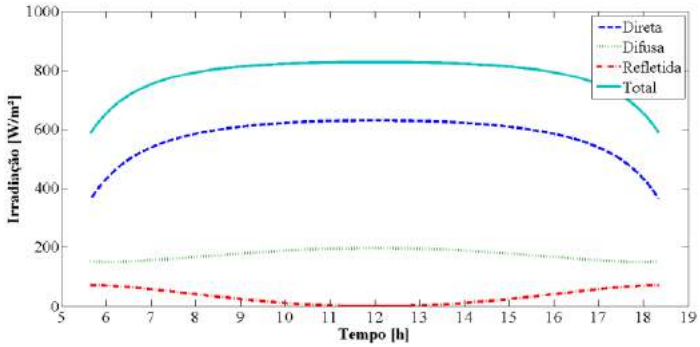



Figura 4. Irradiação direta, difusa, refletida e total sobre uma superfície com seguidor no dia 21 de dezembro

Realizou-se a simulação da potência fornecida pelos sistemas com uma tensão fixa igual a nominal. Observa-se na Fig. 5 o resultado da simulação para o dia 21 de dezembro, onde destaca-se o comportamento linear da potência fornecida pelo sistema com seguidor durante boa parte do dia.

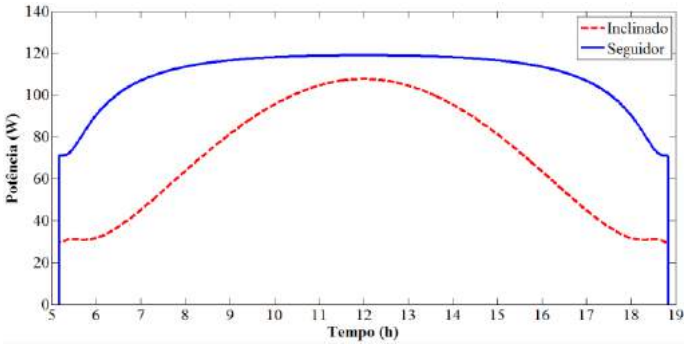



Figura 5. Potência instantânea para as duas configurações de painéis para do dia 21 de dezembro.

A área entre as curvas de potência da Fig. 5 representa a diferença de energia convertida entre os dois painéis. O aumento da potência fornecida pelo painel com seguidor solar, implica no acréscimo de energia convertida pelo sistema. A energia diária convertida por cada sistema de painéis, pode ser vista na Fig. 6, onde destaca-se a energia produzida pelo sistema com seguidor que apresenta magnitude significativamente superior ao sistema inclinado. Observa-se que a energia convertida pelo painel com seguidor mantém-se sempre superior, com variações mais significativas na primavera e verão, quando comparada com o painel inclinado.

Considerando um único módulo fotovoltaico de 140 W para cada sistema instalado, chegou-se a valores de conversão média diária de energia de 0,97 kWh para o painel inclinado e de 1,30 kWh para o painel com seguidor solar.

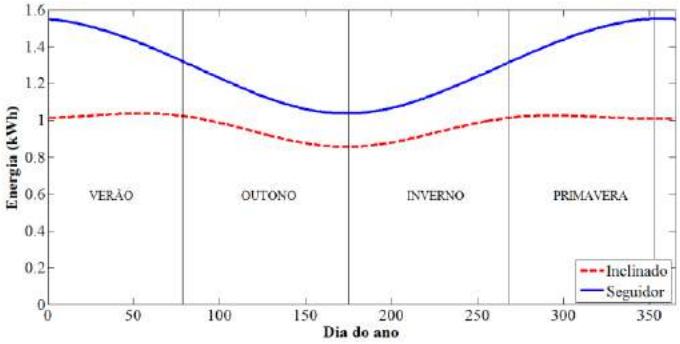



Figura 6. Energia diária convertida pelos dois paineis

Simulou-se a geração de energia para o período de um ano, a fim de quantificar a energia gerada anual de cada sistema, que engloba todas as variações características da radiação solar no ano. A Fig. 7 revela a energia gerada acumulada de cada sistema para o período de um ano. Para a geração anual obteve-se os valores de energia de 354,8 kWh para o painel inclinado e de 473,6 kWh para o painel com seguidor solar.

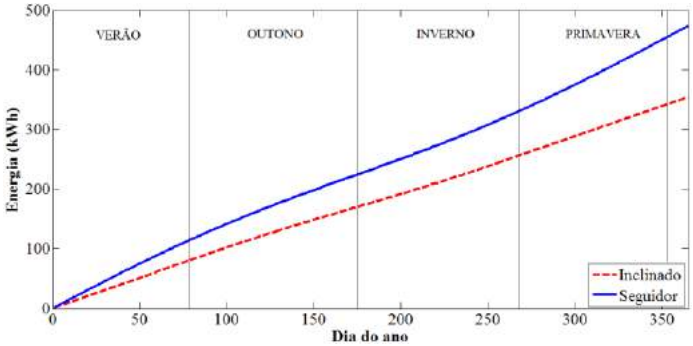



Figura 7. Energia produzida acumulada de um ano nas duas configurações de painéis

Com base nos dados obtidos, o painel com seguidor solar apresentou um ganho de eficiência de 33,49 % quando comparado com o painel inclinado. Para os dias entre a primavera e o verão esse valor é ainda maior, podendo chegar a até 53,57 %.

## 4. CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou o conhecimento do comportamento da radiação solar incidente sobre a superfície terrestre. Também foi possível desenvolver simulações que permitiram estimar os ganhos de eficiência de sistemas com rastreadores de dois eixos em relação a sistemas com inclinação fixa.

As simulações do comportamento da radiação solar para as duas configurações de painéis solares, um com inclinação fixa e um com seguidor solar de dois eixos, mostraram que, para o sistema de seguimento solar de dois eixos, o aumento de eficiência anual é de aproximadamente 33,49 % em relação ao painel inclinado estático. Esses valores teóricos mostram que a conversão de energia se torna vantajosa quando aliada com as técnicas de rastreamento solar.

As simulações não levaram em conta a nebulosidade nem o consumo de energia para movimentar o painel com seguidor solar, ou seja, o ganho líquido será inferior aos estimados. Quanto a nebulosidade, ela afetará tanto o painel estático quanto o painel com seguidor solar, não afetando sobremaneira o ganho do sistema com rastreamento em relação ao sistema fixo, mas a energia total convertida.

## 5. REFERÊNCIAS

Badescu, V., 2008. *Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin

Duffie, J.; Beckman, W., 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes.* John Wiley & Sons, New Jersey, 4ª edição.

IEA PVPS, Snapshot of Global Photovoltaic Markets 2018, *Relatório IEA PVPS*, T1-33, 2018.

Hottel, H. C. A simple model for estimating the transmittance of direct solar radiation through clear atmospheres. *Solar Energy*, v. 18, p. 129–134, 1976.

Jager, K. et al. *Solar Energy Fundamentals, Technology and Systems*, 2014.

Liu, B.; Jordan, R. A rational procedure for predicting the long term performance of flat plate solar energy collectors. *Solar Energy*, v. 7, n. 2, p. 53–74, 1963.

Machado, C. T.; Miranda, F. S. Photovoltaic Solar Energy: A Briefly Review. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 1, p. 126–143, 2015.

Silva, E. A. et al. Parameter Estimation Method to Improve the Accuracy of Photovoltaic Electrical Model. *Ieee Journal of Photovoltaics*, p. 1–8, 2015.

Stamatescu, I. et al. Design and implementation of a solar-tracking algorithm. *Procedia Engineering*, v. 69, n. 0, p. 500–507, 2014.

Villalva, M.; Gazoli, J.; Filho, E. Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 24, n. 5, p. 1198–1208, 2009.

Villalva, M. G., 2015. *Energia Solar Fotovoltaica. Conceitos e Aplicações*. Érica, São Paulo, 2ª edição.

CONIGTI

# Engenharia Elétrica:

# Telecomunicações

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROJETO COMPARATIVO DE ACOPLAMENTO DE UMA ANTENA YAGI-UDA

**Danieli Roberta Zampieri Lazzarotto**
**Vinicius Melara**
**Nicolas Loss Mattei**
**Carlos Alberto Ramirez Behaine**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
*150713@upf.br*, viniciusmelara1@gmail.com, 150736@upf.br, cramireb@hotmail.com

***Resumo.*** *A antena Yagi-Uda é uma antena refletora de banda larga, ou seja, ela tem elementos refletores que melhoram as condições de diretividade e ganho do sinal irradiado ou recebido que pode fornecer grandes larguras de banda. Esse modelo de antena é feito com dipolo dobrado, uma estrutura simples que permite obter boas características direcionais com impedância característica de 300 Ω podendo ser ajustada para 50 Ω ou 75 Ω utilizando acoplamento. O presente projeto trata da fabricação de uma antena Yagi-Uda para uma frequência de 750 MHz e impedância de entrada do gerador e linha de 50 Ω, a diretividade escolhida para o projeto foi de 9,2 dB. Após a construção, a antena será utilizada para um estudo do funcionamento da mesma operando com e sem o acoplamento ligado ao dipolo de forma a comparar o ganho da antena para cada um dos casos.*

***Palavras-chave:*** *Antena, Yagi-Uda, Acoplamento, Diretividade.*

## 1. INTRODUÇÃO

As antenas podem ser definidas como dispositivos de radiação ou recepção de ondas eletromagnéticas, além de otimizar a radiação de energia para as direções de interesse. As antenas começaram a ser utilizadas para transmitir sinais de rádio no final do século XIX por Heinrich Hertz que pretendia provar a existência das ondas eletromagnéticas propostas por Maxwell. Dessa forma, Hertz provou que antenas emitem energia eletromagnética para o espaço quando excitadas por correntes elétricas que produzem campos que escapam do condutor e se propagam em ondas eletromagnéticas (Oliveira, 2007).

A antena Yagi-Uda é um conjunto de dipolos filamentares onde apenas um elemento, que geralmente é um dipolo dobrado é energizado por uma linha de transmissão e os demais são elementos parasitas. Este conjunto é muito utilizado para as faixas de HF (3-30 MHz), VHF (30-300 MHz) e UHF (300-3000MHz) por serem de baixo custo, fácil construção e por ter grande diretividade e ganho. Ela pode ser usada como transmissor ou receptor, sendo comum utiliza-la como antena doméstica de TV analógica (Balanis, 2009).

O primeiro projeto da antena Yagi-Uda foi descrito num artigo de S. Uda no início da década de 1920 contudo, só ganhou notoriedade em 1928 após uma publicação assinada por H, Yagi, colega de Uda. Desde então o conjunto Yagi-Uda vem sendo tema de inúmeros estudos analíticos e experimentais trazendo grandes contribuições para a área de telecomunicações (Balanis, 2009).

Por ser uma antena muito utilizada e acessível, este trabalho busca comprovar a eficiência do conjunto Yagi-Uda ao projetar e desenvolver uma antena que possibilite testa-la com diferentes tipos de acoplamentos, verificando a eficiência da mesma quando atua com características diferentes das que foi projetada.

## 2. DESENVOLVMENTO

O desenvolvimento do projeto comparativo da antena ocorre em duas partes, sendo a primeira parte dedicada aos cálculos teóricos e simulações, enquanto na segunda é feita a montagem e os experimentos, onde a antena será submetida a testes com diferentes acoplamentos para verificar o funcionamento da mesma em condições distintas.

### 2.1 Projeto

Considerando a frequência de operação desejada como 750 MHz o projeto tem início com o cálculo do comprimento de onda (λ) segundo a Eq. 1, onde *C* é a velocidade da luz no vácuo igual a $3\times10^8$ m/s e *f* é a frequência da onda, o que resultou em λ = 0,4 m portanto, λ/2 = 0,2 m.

$$\lambda = \frac{C}{f} \tag{1}$$

O ganho da Yagi-Uda está relacionado como o tamanho da barra que sustenta os elementos. Contudo, como a antena não é excitada uniformemente o ganho diminui à medida que mais diretores são adicionados ao conjunto. Dessa forma, a adição de até cinco ou seis elementos diretores possibilita um aumento significativo no ganho expresso em dB, enquanto a adição de mais diretores ultrapassa o "ponto de retorno decrescente" (Stutzman, 2017).

Assim sendo, após obter o valor de λ, assumiu-se o ganho em diretividade de 9,2 dB. Dessa forma, com base na Tabela 1 a antena irá dispor de 5 elementos dos quais são três elementos diretores, um refletor e um alimentador ou dipolo espaçados por 0,2 λ entre si, o equivalente de 8 cm entre cada elemento num total de 32 cm de comprimento entre o refletor e o último componente diretor.

Tabela 1. Comprimentos otimizados dos elementos parasitas (Balanis, 2009).

| *d*/ λ = 0,0085<br>$S_{12}$ = 0,2λ | | Comprimento da antena Yagi-Uda (em comprimento de onda) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 2,2 | 3,2 | 4,2 |
| Comprimento do Refletor | | 0,482 | 0,482 | 0,482 | 0,482 | 0,482 | 0,475 |
| Comprimento dos Diretores, λ | $L_3$ | 0,442 | 0,428 | 0,428 | 0,432 | 0,428 | 0,424 |
| | $L_4$ | | 0,424 | 0,420 | 0,415 | 0,420 | 0,424 |
| | $L_5$ | | 0,428 | 0,420 | 0,407 | 0,407 | 0,420 |
| | $L_6$ | | | 0,428 | 0,398 | 0,398 | 0,407 |
| | $L_7$ | | | | 0,390 | 0,394 | 0,403 |
| | $L_8$ | | | | 0,390 | 0,390 | 0,398 |
| | $L_9$ | | | | 0,390 | 0,386 | 0,394 |
| | $L_{10}$ | | | | 0,390 | 0,386 | 0,390 |
| | $L_{11}$ | | | | 0,398 | 0,386 | 0,390 |
| | $L_{12}$ | | | | 0,407 | 0,386 | 0,390 |
| | $L_{13}$ | | | | | 0,386 | 0,390 |
| | $L_{14}$ | | | | | 0,386 | 0,390 |
| | $L_{15}$ | | | | | 0,386 | 0,390 |
| | $L_{16}$ | | | | | 0,386 | |
| | $L_{17}$ | | | | | 0,386 | |
| Espaçamento entre Diretores | | 0,20 | 0,20 | 0,25 | 0,20 | 0,20 | 0,308 |
| Diretividade em relação ao Dipolo de Meia Onda (dB) | | 7,1 | 9,2 | 10,2 | 12,25 | 13,4 | 14,2 |
| Curva de Projeto | | A | B | B | C | B | D |

Como o dipolo e os elementos refletores da antena serão construídos com fios de cobre com diâmetro de 2,5 mm, pode-se determinar o comprimento dos elementos parasitas sabendo que *d* é 0,0025 m e, como já calculado anteriormente, λ = 0,4 m. Portanto, a relação *d*/ λ é equivalente a 0,00625. Com a relação *d*/ λ é possível determinar os comprimentos dos elementos da antena com o auxílio do gráfico da Fig. 1 fazendo os ajustes necessários para os valores do projeto em questão.

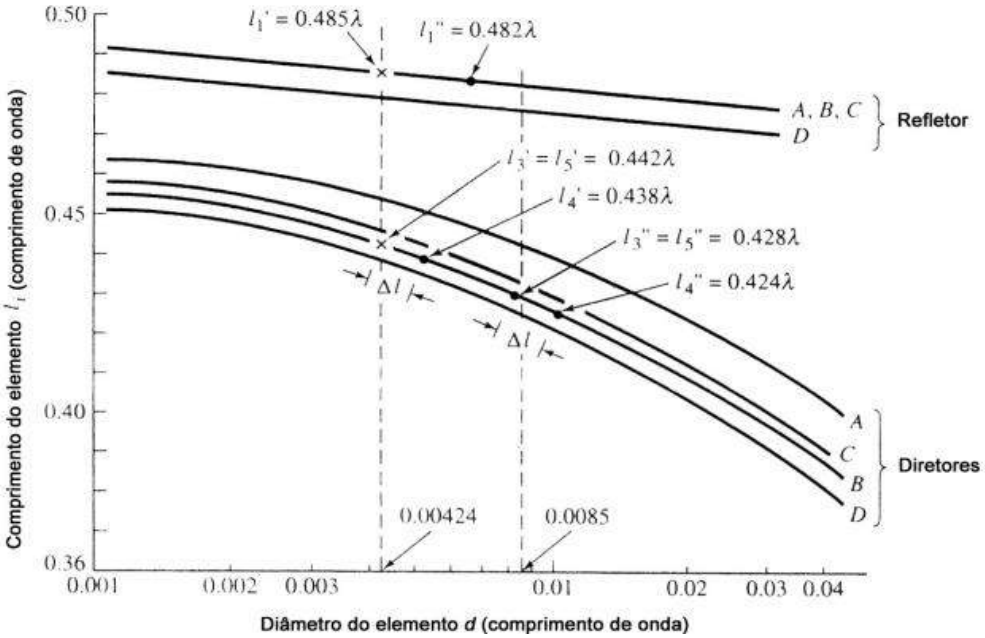



Figura 1. Curvas de projeto para determinar os comprimentos dos elementos do conjunto Yagi-Uda (Balanis, 2009).

Os comprimentos dos elementos da antena calculados a partir do gráfico são L1 = 0,484 λ = 19,36 cm; L3 = 0,437 λ = 17,48 cm; L4 = 0,432 λ = 17,28 cm; L5 = 0,437 λ = 17,48 cm, sendo L1 o componente refletor; L3, L4 e L5 os componentes diretores e sabendo que L2 é o dipolo com comprimento igual a λ/2 que neste caso é 20 cm.

Uma característica dessa antena é que elementos parasitas se comportam de formas bastante distintas conforme o tamanho. Os elementos com comprimento maior do que o comprimento ressonante atuam como refletores, enquanto os elementos cujo comprimento for menor que o elemento ressoante atuam como elementos direcionais, pois direciona a radiação. Os principais efeitos do refletor são sobre a impedância de entrada e sobre o lóbulo traseiro do conjunto. O ganho é controlado principalmente pelos elementos diretores (Stutzman, 2017).

Como barra de sustentação foi utilizado um cano PVC de 20 mm, portanto, não foi necessário fazer compensações referentes ao diâmetro da barra, pois a mesma não tem efeito direto sobre o ganho.

Em seguida, verificou-se os valores calculados por meio de simulações com o software Octave onde foi possível ter uma estimativa da diretividade para o projeto além de gráficos de diretividade e radiação da antena que podem ser vistos nas Fig. 2 e Fig. 3. A simulação mostrou um ganho em diretividade de 10,4 dB para os elementos calculados.

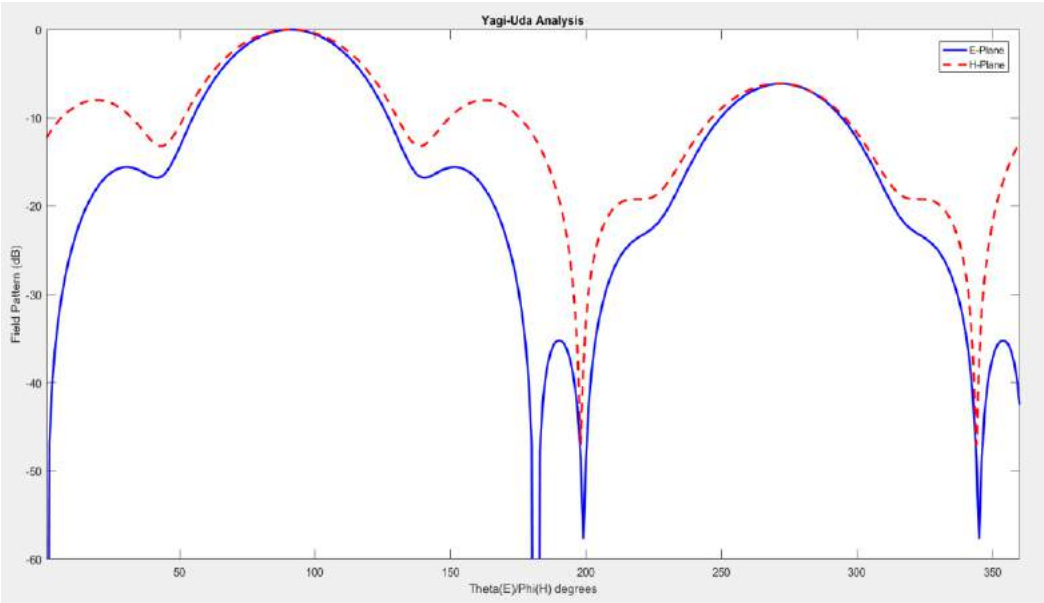



Figura 2. Estimativa de diretividade da Antena Yagi-Uda segundo o projeto.

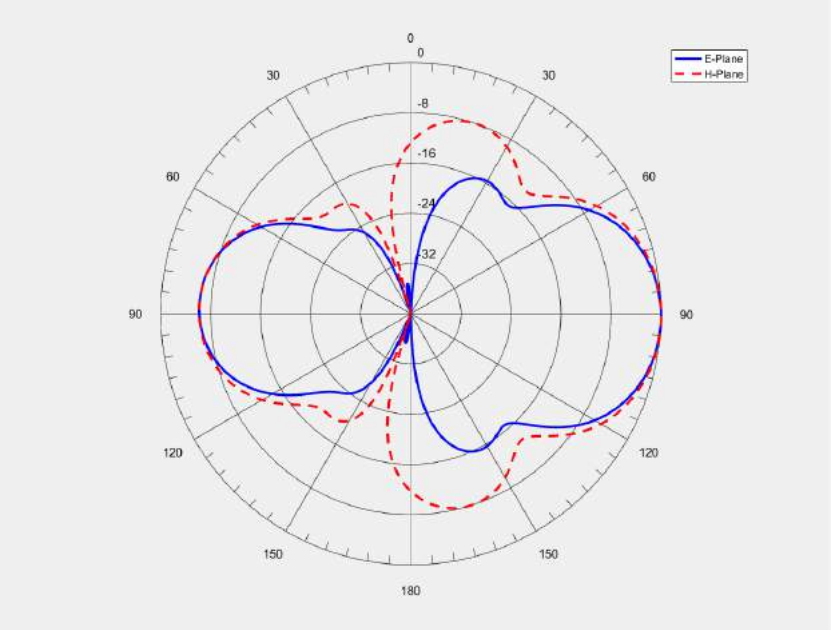
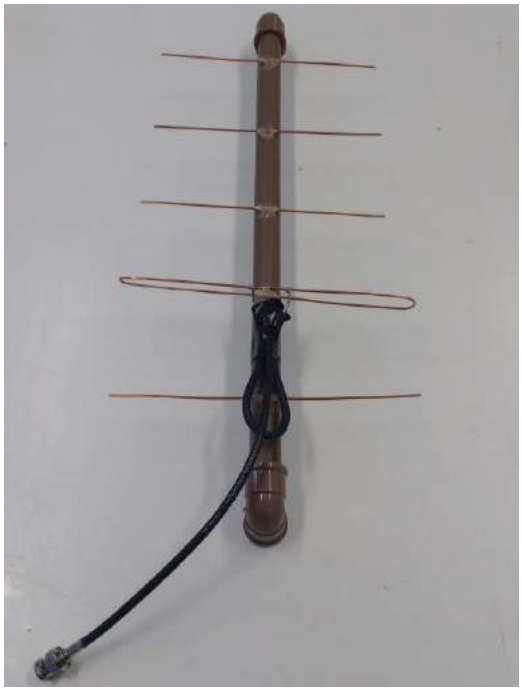



Figura 3. Área de radiação da antena.

Considerando que o resultado da simulação apresentou um ganho maior que os 9,2 dB estipulados no projeto seguiu-se para fase de construção da antena.

## 2.2 Construção e Testes

Para a montagem utilizou-se um cabo coaxial de 50 Ω com comprimento igual a λ/2 e um acoplamento de 300 Ω para 50 Ω utilizando um toco de λ/4 ligado ao elemento energizado que é um dipolo dobrado com tamanho equivalente a λ/2 feito com fio de cobre de 2,5 mm, mesmo material usado para os demais componentes da antena. Como barra de sustentação utilizou-se um cano de PVC de 20 mm. O dipolo dobrado é uma antena filamentar que consiste em dois dipolos paralelos conectados nas extremidades e alimentado no ponto médio de um dos lados (Stutzman, 2017). O resultado final pode ser visto na Fig. 4, junto com as medidas de cada elemento como calculado anteriormente.



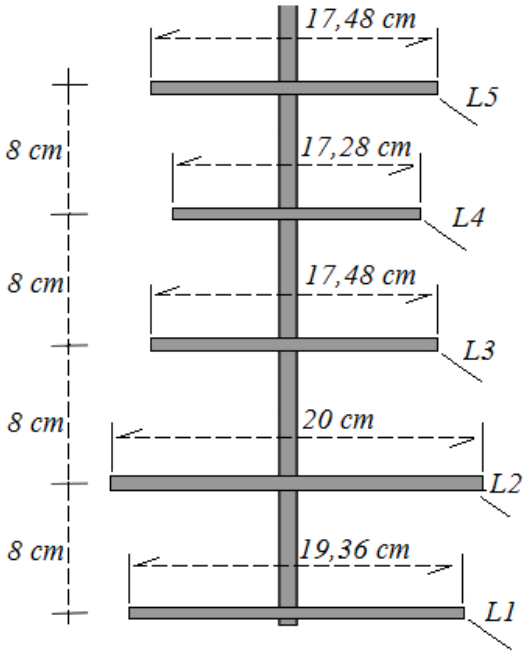



Figura 4. A esquerda o resultado final do projeto da antena Yagi-Uda com acoplamento; a direita o esquemático com as medidas de cada elemento.

Com a antena pronta, teve início os testes de diretividade. Um segundo dipolo foi utilizado como referência para verificar a capacidade de ganho da antena projetada. É comum o termo ganho ser usado para descrever o desempenho de uma antena em relação a alguma antena-padrão de referência. Esse ganho é dado na unidade dBi e não em dB, para enfatizar que foi utilizado uma antena isotrópica como referência (Stutzman, 2017). A antena de referência tinha ganho de -79 dB sob frequência de 750 MHz.

A Eq. 2 refere-se a distância mínima que deve ser respeitada ao medir o ganho da antena, onde *k* é o comprimento máximo da antena que neste caso é 32 cm e lembrando que λ = 0,4. Dessa forma tem-se uma distância mínima de 0,512 m entre o receptor e o gerador.

$$D \geq \frac{2 \times k^2}{\lambda} \tag{2}$$

Considerando o espaço disponível para os testes, a antena foi disposta a 8 m de distância do receptor analisador de espectro. Para essa experiência, realizou-se a medição da diretividade da antena em ângulos diferentes em relação ao receptor. O experimento foi repetido para a antena com o acoplamento de λ/4 e sem o acoplamento, ambas com frequência de 750 MHz. As medições foram feitas a cada 15 º, sendo que o 0 º representa o ponto de maior ganho enquanto a 180 º a antena esta virada contra o receptor. A diferença no ganho em ambos os casos está representada na Tabela 3, onde o ganho é calculado como a diferença entre a diretividade da antena Yagi-Uda e a diretividade da antena de referência. A Fig. 5 vista abaixo é a representação comparativa de ganho para a antena com e sem acoplamento.

Tabela 2. Comparação de ganho em relação ao dipolo de referência para antena Yagi-Uda com e sem acoplamento.

| **Ângulo** | **Ganho Comparativo com Acoplamento (dBi)** | **Ganho Comparativo sem Acoplamento (dBi)** |
|---|---|---|
| 0 º | 27 | 27 |
| 15 º | 29 | 17 |
| 30 º | 26 | 18 |
| 45 º | 27 | 5 |
| 60 º | 16 | -3 |
| 75 º | 2 | -1 |
| 90 º | 13 | 0 |
| 105 º | 18 | 15 |
| 120 º | 6 | 2 |
| 135 º | 15 | 7 |
| 150 º | 13 | -2 |
| 165 º | 3 | 2 |
| 180 º | 3 | 3 |
| 195 º | 20 | 7 |
| 210 º | 23 | 8 |
| 225 º | 26 | 22 |
| 240 º | 27 | 24 |
| 255 º | 23 | 19 |
| 270 º | 25 | 17 |
| 285 º | 30 | 21 |
| 300 º | 33 | 20 |
| 315 º | 24 | 24 |
| 330 º | 17 | 24 |
| 345 º | 24 | 19 |

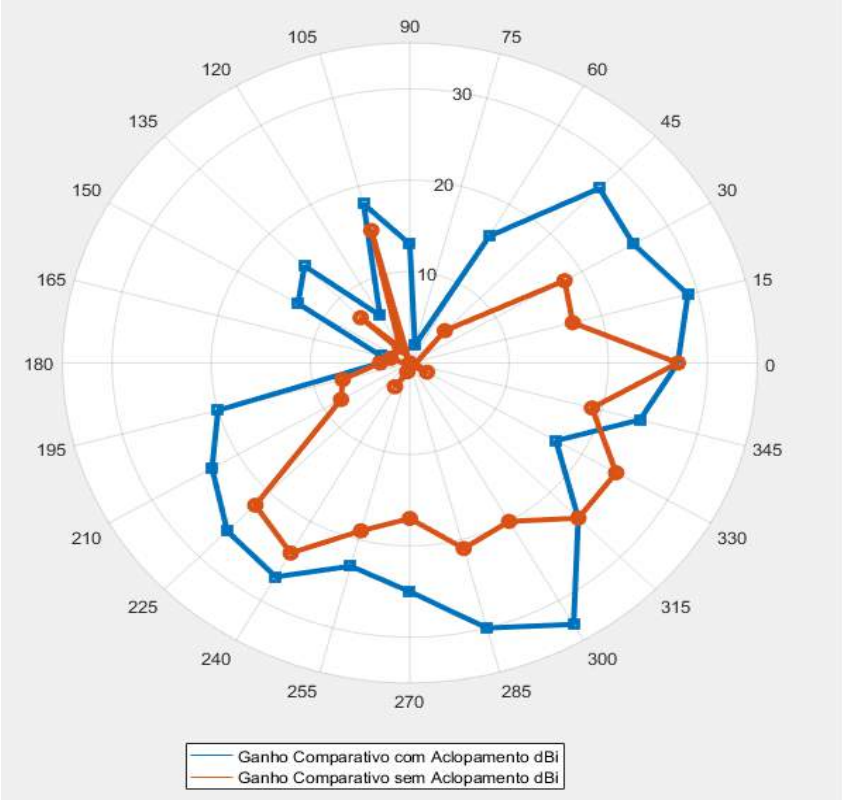



Figura 5. Gráfico comparativo de ganho para antena Yagi-Uda com e sem acoplamento.

Ao analisar a Tabela 2 e o gráfico da Fig. 5 fica evidente que a antena apresenta um desempenho superior quando existe acoplamento de λ/4 junto ao dipolo.

Isso mostra que o conjunto Yagi-Uda apresentar um bom desempenho, alcançando um ganho de 27 dBi no ângulo 0º, podendo chegar a 33 dBi como acontece no ângulo 300º, quando está com acoplamento. Entretanto, o ganho sofre reduções quando a antena opera em situações diferentes do projeto, como ocorre ao retirar o acoplamento. Sem acoplamento o maior ganho alcançado foi 27 dBi, tendo resultados nulos e negativos.

## 3. CONCLUSÃO

O conjunto Yagi-Uda é amplamente utilizado na área de telecomunicações pela facilidade de construção, pelo baixo custo e pelo desempenho que atende a uma vasta gama de aplicações.

Com este projeto pode-se verificar a qualidade da antena quando é utilizado acoplamento, dessa forma percebe-se que ao mudar o acoplamento, ocorreu uma perda significativa no ganho, da mesma forma notou-se que o ganho também é alterado pela localização da antena em relação ao receptor. Isso evidencia a importância de impedâncias iguais para o desempenho da antena, uma vez que sem o acoplamento a impedância característica é de 300 Ω sendo que o gerador tem impedância de 50 Ω, enquanto com o acoplamento a impedância característica passa a ser 50 Ω, o mesmo valor do gerador.

## 4. REFERÊNCIAS

Balanis, C., 2009. *Teoria de Antenas: Analise e Síntese. Volume 1*. LTC, Rio de Janeiro, 3º edição.
Balanis, C., 2009. *Teoria de Antenas: Analise e Síntese. Volume 2*. LTC, Rio de Janeiro, 3º edição.
Oliveira, R., 2007. "Antena Yagi-Uda: Desenvolvimento de Antena para Telefonia Celular". 09 Jun. 2008 < http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialyagiuda.pdf>.
Stutzman, W., 2017. *Teoria e Projetos de Antenas. Volume 1*. LTC, Rio de Janeiro, 3º edição.
Stutzman, W., 2017. *Teoria e Projetos de Antenas. Volume 2*. LTC, Rio de Janeiro, 3º edição.

## 5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROJETO DE ANTENA LOG PERIÓDICA E DESEMPENHO COMPARATIVO EXPERIMENTAL

**Nícolas Loss Mattei**
**Carlos Alberto Ramirez Behaine**
**Danieli Roberta Zampieri Lazzarotto**
**Vinicius Melara**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
150736@upf.br, cramireb@hotmail.com, 150713@upf.br, viniciusmelara1@gmail.com

***Resumo.*** *Este artigo tem como objetivo mostrar o comportamento comparativo da antena Log Periódica, um tipo ainda pouco difundido no meio da Telecomunicação. Ela tem como principal característica o ganho constante na faixa de frequência projetada. Durante o artigo, será exibido: o projeto da antena, os parâmetros preestabelecidos e os cálculos; a sua construção, materiais utilizados e dimensões; e os seus resultados, sendo estes comparados com dois tipos de antenas: dipolo de meia onda e Yagi-Uda, ambas construídas para operar em uma frequência presente na faixa de operação da antena Log Periódica.*

***Palavras-chave:*** *Log Periódica, Yagi-Uda, frequência.*

## 1. INTRODUÇÃO

Uma antena é feita com o intuito de converter ondas guiadas em uma estrutura de transmissão no espaço livre (STUTZMAN, 2017). As primeiras antenas foram criadas por Hertz, em 1886, para tentar comprovar as teorias eletromagnéticas propostas por Maxwell. Entretanto, nos seus primeiros anos, com a criação do rádio, o desenvolvimento das antenas foi limitado pela precária geração de sinais. Em 1920, a maior frequência possível de gerar era 1 MHz. Foi durante as guerras que ocorreu as maiores evoluções, como a criação dos radares, e sistemas de comunicação com maior alcance, gerando modelos que são utilizados até os dias atuais. Por fim, uma antena foi definida como "um meio de irradiar ou receber sinais".

Em várias aplicações, antenas devem ser utilizadas, como em comunicação móvel entre veículos, na geração dos rádios, onde uma antena transmite para um numero ilimitado de recebedores, e em uso pessoal, através dos celulares. Mas elas não são somente usadas para comunicação. Também são utilizadas em sensoriamento remoto e em aplicações industriais (STUTZMAN, 2017).

Uma das antenas mais utilizadas foi inventada em 1928 por Yagi, após analisar um trabalho escrito por Uda em 1926, e foi chamada de Yagi-Uda. Ela é composta por dipolos, sendo eles um elemento refletor, um excitador, e os diretores. Ela possui um elevado ganho, entretanto, sua diretividade é influencia muito neste ganho, isto por conta do refletor e diretores. Ela sempre apresentará maior ganho na direção para onde o refletor estiver apontando. Outro defeito seria a baixa largura de banda, ou seja, variações na frequência reduzem drasticamente seu ganho. Por conta disso, ela era usada, principalmente, para captação dos canais da TV analógica, quando o espectro da frequência dos canais não era tão largo. Entretanto, com a mudança para a TV digital, cada canal precisou ocupar uma faixa de espectro plano multiportadora do tipo OFDM (multiplexação por divisão ortogonal de frequência) e há mais canais também, e a Yagi-Uda não daria conta dessa mudança. Então, foi introduzida a antena Log Periódica.

A Log Periódica é considerada uma evolução da antena Yagi-Uda, pelo simples fato que ela consegue manter seu ganho em um range grande de frequência. Ela apresenta uma geometria estrutural onde sua radiação e impedância, consequentemente seu ganho, se repete periodicamente em relação ao logaritmo da frequência (BALANIS, 2009), daí seu nome. Sua estrutura mais conhecida foi introduzida por Isbell, que consiste de um conjunto de dipolos paralelos posicionados lado a lado. A radiação da antena se assemelha bastante com a Yagi-Uda, ou seja, possui baixa diretividade, resumindo-se para onde ela estiver sendo apontada. Diferentemente da Yagi-Uda, estes dipolos da Log Periódica são todos alimentados. Há varias formas que a antena pode se apresentar, a mais comum sendo a de conexão coaxial, pois é que tem um sistema mais balanceado.

## 2. METODOLOGIA

Como o intuito do trabalho é comprovar a eficiência da antena Log Periódica em relação a outros tipos de antenas, o trabalho foi conduzido da seguinte forma: projeto e construção da antena; medição do ganho, tanto da antena Log Periódica projetada quanto da Yagi-Uda escolhidas para comparação, na faixa de frequência de operação; e por fim, a comparação e a conclusão de seus resultados.

### 2.1 Projeto

Para o projeto da antena, é preciso antes escolher alguns parâmetros para começar os cálculos. São eles o ganho, a faixa de frequência e o acoplamento. Para o ganho foi escolhido 8 dB, a faixa de operação de 900 MHz até 940 MHz, e o acoplamento de 50 Ω (BALANIS, v.2, 2009).

Com estes valores estabelecidos, encontra-se três parâmetros essenciais para os cálculos, sendo eles α, τ e σ. τ e σ são encontrados através do gráfico da Fig. 1.

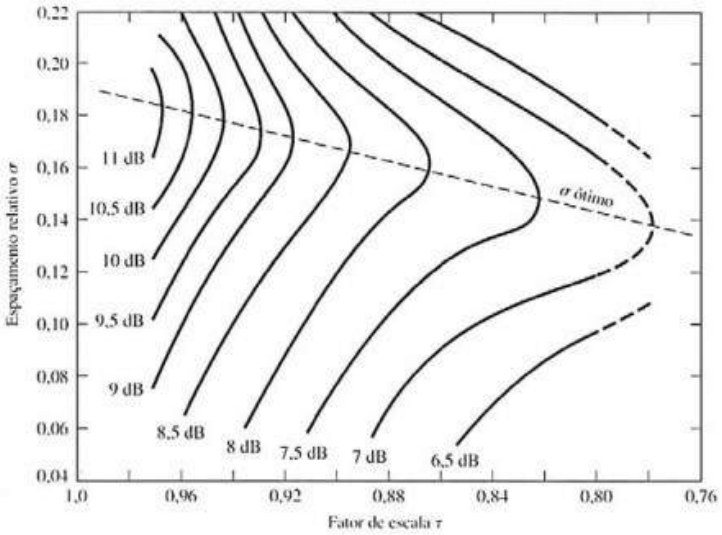



Figura 1. Gráfico para encontrar τ e σ através do ganho escolhido (BALANIS, v.2, 2009)

Sendo estabelecido o ganho como 8 dB, τ é de 0,865 e σ de 0,157. Com estes, é possível calcular α através da Eq. (1).

$$\alpha = tg^{-1}\left[\frac{1-\tau}{4.\sigma}\right] = tg^{-1}\left[\frac{1-0{,}865}{4.0157}\right] \cong 12º \quad (1)$$

Com estes três valores, pode-se calcular a largura de banda da região ativa e a largura de banda do projeto através das Eq. (2) e Eq. (3), respectivamente.

$$Bar = 1{,}1 + 7{,}7(1-\tau)^2 \cot\alpha = 1{,}1 + 7{,}7(1-0{,}865)^2 \cot 12 = 1{,}7525 \quad (2)$$

$$Bs = BBar = \frac{940\ MHz}{900\ MHz} 1{,}7525 = 1{,}83 \quad (3)$$

Sendo *B* a largura de banda onde a antena irá atuar.
O comprimento de onda máximo é determinado pela Eq. (4).

$$\lambda máx = {}^{v}/_{fmin} = {}^{3x10^8}/_{900x10^6} = 0{,}333\ m \quad (4)$$

Onde $v$ é a velocidade da luz, estimada em $3x10^8\ m/s$.
A distância entre o elemento mais curto e o mais longo é calculado pela Eq. (5).

$$L = \frac{\lambda máx}{4}\left(1 - \frac{1}{Bs}\right)\cot\alpha = \frac{0{,}333}{4}\left(1 - \frac{1}{1{,}83}\right)\cot 12 = 0{,}175\ m \quad (5)$$

O número de elementos que a antena possui é dado pela Eq. (6).

$$N = 1 + \frac{\ln(Bs)}{\ln(1/\tau)} = 1 + \frac{ln(1{,}83)}{\ln(1/_{0{,}865})} = 5{,}17 \cong 5 \quad (6)$$

O espaçamento entre os condutores *s* é calculado levando em conta as impedâncias *za, zo*, e *Rin,* onde *za* é a impedância característica média dos elementos, *zo* a impedância característica da linha de alimentação, e *Rin* a impedância de entrada da antena. Para encontrar *zo* é preciso antes calcular *za* e dividir este por *Rin,* para então fazer uso da Fig. 2, a qual faz uso de σ', que é o espaçamento relativo médio dado pela Eq. (9). *za* e σ' são encontrados pela Eq. (7) e Eq. (9), respectivamente.

$$za = 120\left[\ln\left(\frac{lmáx}{dmáx}\right) - 2{,}25\right] = 120\left[\ln\left(\frac{0{,}166}{0{,}002}\right) - 2{,}25\right] = 260{,}74\ \Omega \quad (7)$$

Onde *lmáx* é o comprimento do maior elemento da antena, o qual representa metade do comprimento de onda máximo *λmáx,* e *dmáx* o diâmetro do condutor escolhido para o projeto, no caso, de 2 mm.

$$za/_{Rin} = 260{,}74/_{50} = 5{,}21 \quad (8)$$

$$\sigma' = \sigma/_{\sqrt{\tau}} = 0{,}157/_{\sqrt{0{,}865}} = 0{,}169 \quad (9)$$

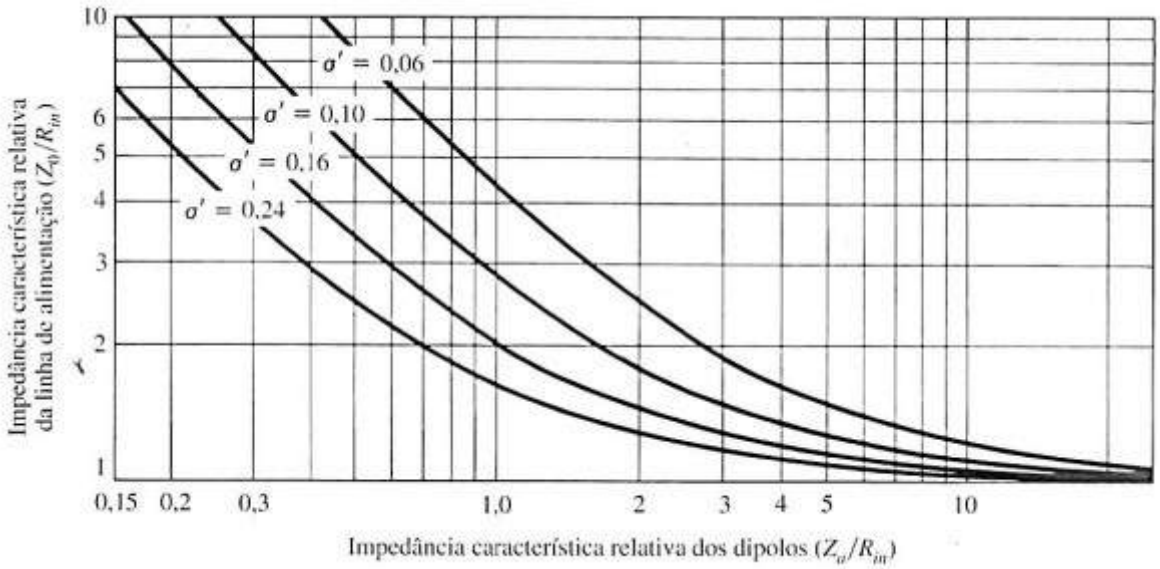



Figura 2. Curvas de espaçamento médio (BALANIS, v.2, 2009)

Da curva de σ' igual a 0,16, $zo/Rin = 1{,}35\ \Omega$, resultando em um *zo* de 67,5 Ω.
Enfim, *s* é dado pela Eq. (10).

$$s = dmáx \cosh\left(\frac{zo}{120}\right) = 0{,}002\ \cosh(\frac{67{,}5}{120}) \cong 2{,}2\ mm \quad (10)$$

Para as dimensões da antena, como o tamanho dos dipolos e o espaçamento entre tais, utiliza-se as Eq. (11) e Eq. (12).

$$\frac{1}{\tau} = \frac{l_{n+1}}{l_n} \quad (11)$$

$$\sigma = \frac{R_{n+1} - R_n}{2l_{n+1}} \quad (12)$$

Resultados apresentados na Tab. 1.

Tabela 1. Medidas da antena

| Dipolo(n) | Comprimento dos dipolos(*l*) | Distância entre o dipolo e o início da antena(*R*) |
|---|---|---|
| 5 | 0,1666 m | 0,175 m |
| 4 | 0,144 m | 0,122 m |
| 3 | 0,1247 m | 0,076 m |
| 2 | 0,1078 m | 0,0368 m |
| 1 | 0,0933 m | 0,0029 m |

E representados na Fig. 3:

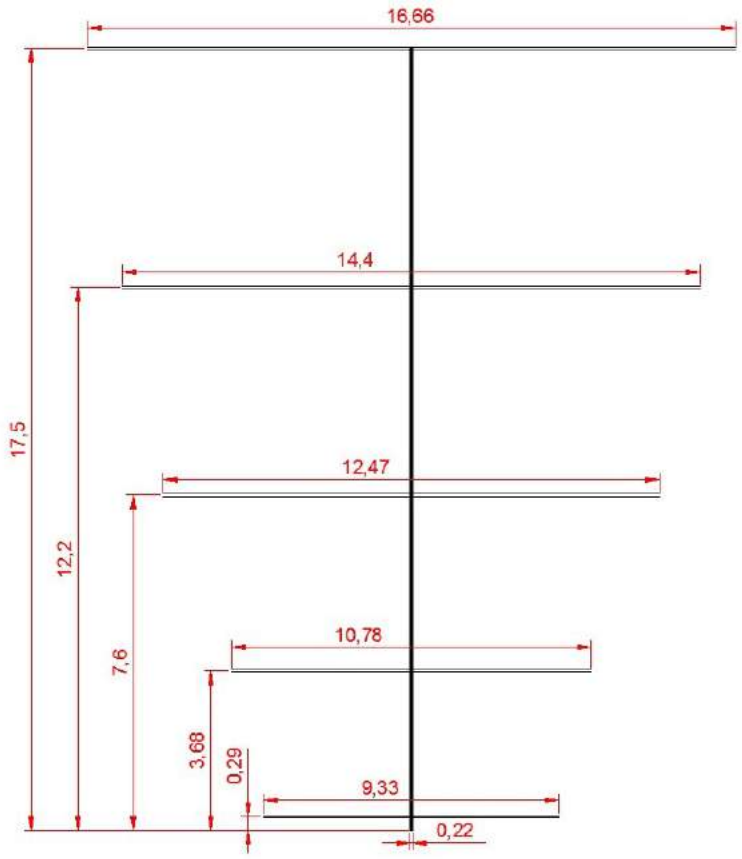



Figura 3. Medidas da antena, em centímetros

## 2.2 Construção

Levando em consideração os parâmetros estabelecidos no projeto, a construção da antena foi feita utilizando-se um cano PVC como suporte para antena, fios de cobre rígido com 2 mm de diâmetro para compor a antena, e o cabo coaxial de 50 Ω como fio de alimentação.

Como o espaçamento entre os condutores *s* foi de 2,3 mm, era inviável fazer a antena da forma tradicional, a qual os condutores ficam sobrepostos, devido ao pequeno espaçamento. Logo, a construção foi feita com os condutores um ao lado do outro, sendo facilitada pela forma circular do cano PVC utilizado como suporte.

Vale constar que, devido à faixa de frequência ser elevada, as dimensões da antena ficam menores, ou seja, quanto maior a frequência de operação da antena, menor ela será, e consequentemente, mais precisa sua construção deverá ser.

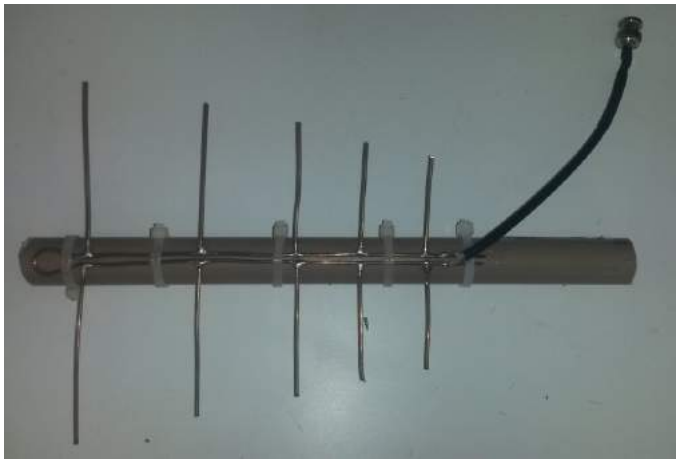


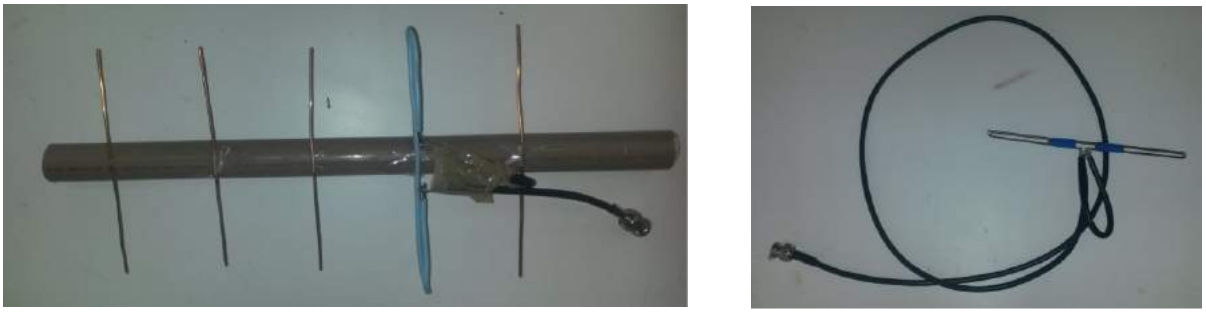
Figura 4. A antena Log Periódica projetada

### 2.3 Resultados

O experimento consistiu de medir o ganho de duas antenas, uma a antena Log Periódica projetada, e a outra uma antena Yagi-Uda, mostrada na Fig. 5 (a), projetada para operar em 920 MHz e ganho de 9,2 dB.

O experimento foi conduzido da seguinte forma: o sinal era transmitido pela antena e recebido a 8 m de onde era gerado, o sinal recebido apontava certo ganho, este sendo comparado a um sinal gerado por uma antena de referência. No caso, foi escolhida a dipolo de meia-onda, mostrada na Fig. 5 (b). O ganho das antenas era o sinal gerado por elas subtraído pelo sinal da antena de referência.

O teste foi feito em uma faixa de frequência de 900 MHz a 940 MHz, variando de 5 em 5 MHz. Os resultados estão apontados na Tab. 2, e também ilustrado na Fig. 6. Estes representam o aumento da potência do sinal emitido, todos os valores são apresentados em dBi, ou seja, ganho em relação a antena de referência, no caso, dipolo de meia onda.



(a) (b)

Figura 5. Antena Yagi-Uda (a) e antena Dipolo de meia onda (b)

Tabela 2. Resultados do experimento

| Frequência(MHz) | Ganho Antena Log Periódica(dBi) | Ganho Antena Yagi-Uda(dBi) |
|---|---|---|
| 900 | 15 | 10 |
| 905 | 14 | 12 |
| 910 | 13 | 10 |
| 915 | 15 | 15 |
| 920 | 13 | 20 |
| 925 | 15 | 16 |
| 930 | 17 | 14 |
| 935 | 17 | 11 |
| 940 | 16 | 9 |

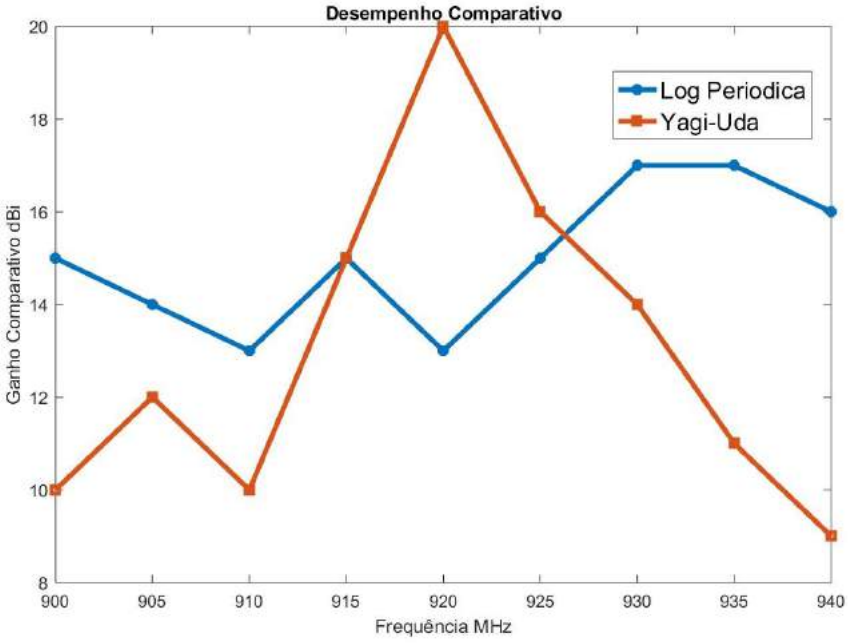



Figura 6. Gráfico do desempenho comparativo entre as antenas

## 3. CONCLUSÕES

Com estes resultados, pode-se observar que a Yagi-Uda funciona muito bem na frequência a qual foi projetada, mas enquanto mais se afasta dessa frequência, menor fica o ganho. Já a Log Periódica, não apresenta um ganho tão elevado como a Yagi-Uda em 920 MHz, entretanto, ela tende a manter este ganho na medida em que a frequência vai alternando. Portanto, quando a aplicação abrange um grande espectro de frequência, tal como o range dos canais da TV digital, a antena Log Periódica será melhor devido ao fato de ela conseguir manter um bom ganho durante todo o range.

## 4. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Núcleo de Eletrônica (NE) e ao Laboratório de Comunicações (LACOM) da Universidade de Passo Fundo (UPF).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balanis, C. A., 2009. *Teoria das antenas: análise e síntese*, Vol. 1. LTC, Rio de Janeiro, 3ª edição.
Balanis, C. A., 2009. *Teoria das antenas: análise e síntese*, Vol. 2. LTC, Rio de Janeiro, 3ª edição.
Stutzman, W. L. e Thiele, G. A., 2017. *Teoria e projeto de antenas*, Vol. 1. LTC, Rio de Janeiro, 3ª edição.
Stutzman, W. L. e Thiele, G. A., 2017. *Teoria e projeto de antenas*, Vol. 2. LTC, Rio de Janeiro, 3ª edição.
Visser, H. J., 2015. *Teoria e aplicação de antenas*. LTC, Rio de Janeiro.

## 6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROJETO E COMPARAÇÃO DE PLANOS DE TERRA EM UMA ANTENA HELICOIDAL

**Vinicius Melara**
**Carlos Alberto Ramirez Behaine**
**Danieli Roberta Zampieri Lazzarotto**
**Nicolas Loss Mattei**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP 99052-900
viniciusmelara1@gmail.com, cramireb@hotmail.com, 150713@upf.br, 150736@upf.br

***Resumo.*** *O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de projeto de antena helicoidal operando em modo axial e comparar dois tipos de planos de terra: o cilíndrico e o circular. O projeto da antena inclui também uma boa forma de projetar a antena para obter o casamento de impedância entre o acoplamento coaxial e o alimentador, de maneira que as perdas por acoplamento sejam mínimas. O método de comparação utilizado foi o da relação frente-costas, onde, fazendo o uso de um gerador de sinais e um analisador de espectro, foi-se posicionando a antena helicoidal em diferentes ângulos em relação a antena receptora e anotando os diferentes valores de ganho para cada ângulo analisado. Das tabelas resultantes do experimento, foi montado um gráfico polar onde é possível notar uma significativa diferença entre os dois planos de terra.*

***Palavras-chave:*** *plano de terra, comparação, ganho, casamento de impedâncias.*

## 1. INTRODUÇÃO

Antenas helicoidais são amplamente utilizadas nas mais diferentes aplicações, desde sistemas de telefonia, redes wireless, rádios comunicadores e até satélites espaciais (de Oliveira, 2013). Nas décadas de 70, 80 e 90, as forças armadas dos Estados Unidos fizeram um considerável uso de antenas helicoidais em seus satélites militares (de Oliveira, 2013). Em diversas circunstâncias, essas antenas eram projetadas com planos de terra parabólicos visando melhorar o desempenho das mesmas. Atualmente, existem diversos princípios e metodologias empíricas para o projeto de antenas helicoidais. No entanto, essas metodologias diferem consideravelmente umas das outras e dos resultados experimentais.

Os planos de terra são empregados com o intuito de servir como um elemento radiante, aumentando a área de radiação da antena, otimizando a transmissão. Este trabalho tem como objetivo comparar dois tipos de planos de terra, o circular e o cilíndrico.

Uma antena helicoidal pode ser descrita como um fio condutor enrolado em forma de rosca de parafuso, como mostrado na Fig. 1. Adicionalmente, o ponto de alimentação da espira é conectado ao condutor central de uma linha coaxial, sendo o condutor externo da linha coaxial conectado ao plano de terra. Por padrão, a configuração geométrica de uma antena helicoidal consiste em N espiras, diâmetro D e espaçamento S entre as espiras.

O termo *modo de radiação* descreve a forma geral dos lóbulos no campo distante de uma antena. As características de radiação da antena podem variar controlando suas dimensões geométricas em relação ao comprimento de onda.

A antena helicoidal pode operar em diversos modos, entretanto, os principais são o normal e o axial. Os diagramas tridimensionais de amplitude correspondentes a uma antena helicoidal operando nos modos normal e axial são mostrados na Fig. 2. A antena utilizada neste experimento opera em modo axial, por ser o modo mais utilizado em aplicações reais, onde o objetivo é ter uma antena muito diretiva que pode prover polarização circular em uma faixa mais larga de frequências (da ordem de 2:1), sendo também mais eficiente que uma antena operando em modo normal. Neste modo de operação, o diagrama de radiação apresenta um único lóbulo principal, com máxima intensidade ao longo do eixo da antena. Para excitar este modo, o diâmetro D e o espaçamento S devem ser grandes frações do comprimento de onda. No modo normal de operação, o campo radiado pela antena é máximo em um plano perpendicular ao eixo da antena e nulo ao longo deste. Para operação no modo normal, ao contrário do modo axial, as dimensões da hélice devem ser pequenas em comparação ao comprimento de onda.

A impedância de entrada de uma antena helicoidal é praticamente resistiva e com valor ideal próximo de 150Ω (Balanis, 1997b). Valores mais baixos podem ser obtidos com um projeto adequado do alimentador ou sacrificando alguns parâmetros do projeto.

## 2. PROJETO DE UMA ANTENA HELICOIDAL

Para este experimento, foi definido que a antena deveria operar em modo axial, com uma frequência de 930MHz e impedância de entrada 50Ω. Não foi atribuído um valor de ganho exato para a antena, visto que o propósito do experimento era testar o quanto um plano de terra cilíndrico é capaz de alterar esse parâmetro comparativamente com um plano de terra circular.

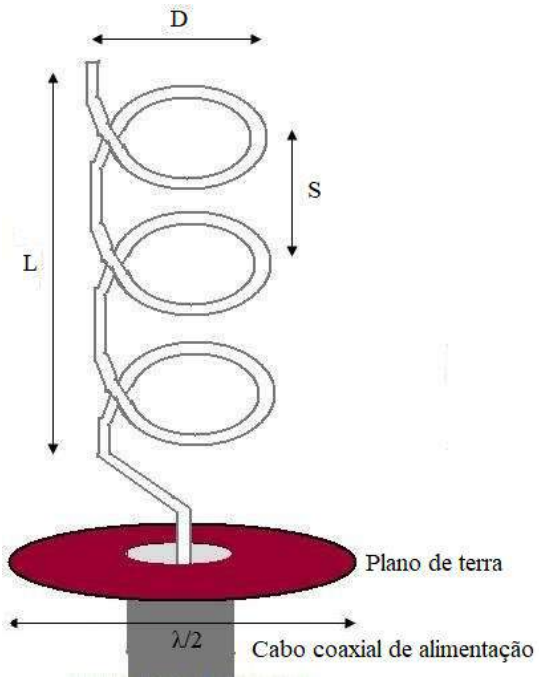



Figura 1. Representação de uma antena helicoidal e seus parâmetros (imagem editada e retirada de antenna-theory.com)

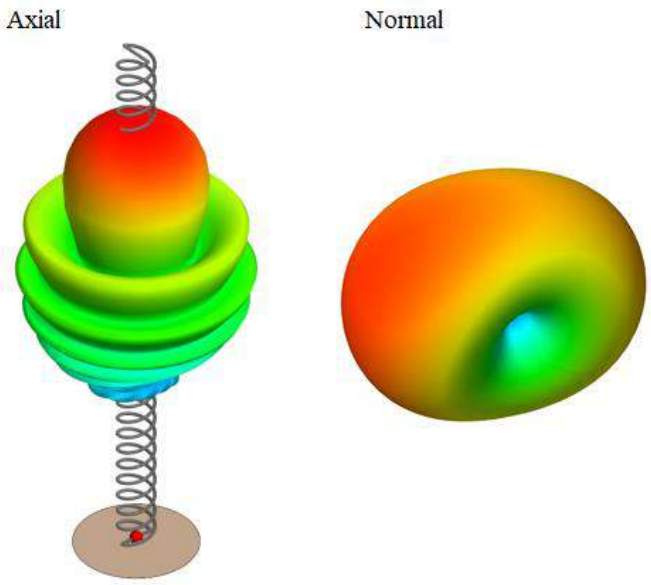



Figura 2. Diagramas tridimensionais de radiação de uma antena helicoidal de acordo com seu modo de operação (imagem editada e retirada de basicsaboutaerodynamicsandavionics.wordpress.com)

Para obter o comprimento de onda da frequência de operação, utilizamos a Eq. (1).

$$\lambda = \frac{c_0}{f} \tag{1}$$

Onde, λ é o comprimento de onda, $C_0$ é a constante da velocidade de propagação no espaço $3 * 10^8$m/s e f é a frequência, então o λ para 930MHz é 0,3226m.

A impedância de entrada depende do comprimento de onda e da circunferência da hélice da antena. Sabendo que a impedância de entrada para o casamento de impedância é de 50Ω, utilizamos a Eq. (2).

$$C = R * \frac{\lambda}{140} \tag{2}$$

Onde C é a circunferência da hélice e R é a impedância de entrada. A circunferência resultante é 0,1152m.

Devido a construção da antena estar limitada aos materiais disponíveis, o comprimento L da antena ficou limitado a 1,2m. Adotando um valor de 15 espiras, utilizando a Eq. (3), foi possível obter o valor do espaçamento S entre as espiras.

$$S = \frac{L}{N} \tag{3}$$

Onde N é o número de espiras. O valor decorrente de espaçamento foi 0,08m.

A diretividade da antena é dada pela Eq. (4).

$$D_0 = 15 * N * \frac{C^2 * S}{\lambda^3} \tag{4}$$

Onde $D_0$ é a diretividade e S é o espaçamento entre as espiras. A diretividade resultou em 7,1.

Com esses valores calculados, resta apenas calcular o diâmetro da hélice e o comprimento total do fio condutor da hélice. Tais valores são obtidos pelas Eq. (5) e Eq. (6), respectivamente.

$$D = \frac{C}{\pi} \tag{5}$$

Onde D é o diâmetro. O diâmetro resultante foi de 0,037m.

$$L_n = 15 * \sqrt{S^2 + C^2} \tag{6}$$

Onde $L_n$ é o comprimento total do fio, resultando em 2,1m.

O plano de terra tem de ter diâmetro maior que λ/2, neste caso, diâmetro e altura do cilindro foram adotados λ/2.

O comprimento da linha coaxial de 50Ω também foi adotado λ/2, visando ter as menores perdas possíveis no acoplamento.

### 2.1 Casamento de Impedâncias

Para um projeto ótimo de antena helicoidal, sua impedância de entrada deve ficar em torno de 150Ω, entretanto, em alguns casos, o alimentador pode ter uma impedância diferente. Neste experimento, o alimentador disponível possuía um acoplamento de 50Ω. Isso deve ser levado em conta no projeto, visto que o não casamento de impedâncias pode gerar significativas perdas de potência. É sabido que é gerado menos perdas casando a impedância de entrada com a linha coaxial de 50Ω – mesmo não sendo o ideal –, do que utilizando uma linha de 50Ω com um projeto de antena ideal de 150Ω de impedância de entrada. Um projeto ótimo de antena helicoidal também pode ser obtido adequando o primeiro ¼ de volta do fio da hélice. Este fio deve ser achatado, no formato de uma fita, e deve ser aproximado ao plano de terra, quase tocando-o, formando um capacitor. A a adequação do primeiro ¼ de volta adicionaria uma complexidade desnecessária para o objetivo de comparar dois planos de terra. No projeto aqui apresentado, o casamento de impedâncias foi feito seguindo a Eq. (2), onde devemos calcular a circunferência da antena para operar com a impedância desejada. Isso implica também na obrigação de adequar o diâmetro da hélice, visto na Eq. (5). Dessa forma, não obtemos uma antena ideal, mas a ajustamos a operar nas condições de impedância necessárias, diminuindo ao máximo as perdas por acoplamento.

## 3. PROCEDIMENTOS E RESULTADOS

Primeiramente, foi necessário calcular a região de maior interesse do ponto de vista da radiação. A Eq. (7) nos dá esse valor. Essa equação garante a distância mínima necessária para estar no campo distante de uma antena.

$$d = \frac{2 * L^2}{\lambda} \tag{7}$$

Onde d é a distância e L é o comprimento total da antena. A distância calculada foi de aproximadamente 8,9m. Distâncias menores que esta são conhecidas como a região de campo próximo da antena e não são interessantes para

medição. Note que a medição pode ser pouco prática, visto que a região de campo distante depende do tamanho da antena. Se a distância para o campo distante for grande, limitações começam a surgir. Se a medição for realizada em um ambiente interno, pode haver restrições de espaço. Em ambientes externos, é possível que haja muitas interferências eletromagnéticas.

Também era necessário um valor de referência para 930MHz, e para determinar tal, foram utilizadas duas antenas gêmeas, uma antena de referência no gerador de sinais (HP 8647A), e outra no analisador de espectro (HP 8590). O valor de referência obtido para 930MHz foi -82dBm. Em seguida, a antena de referência foi substituída pela antena helicoidal. Para aferir o ganho, a antena era posicionada em certos ângulos e seus respectivos valores de ganho eram anotados. A Fig. 3 mostra como as medições foram feitas.

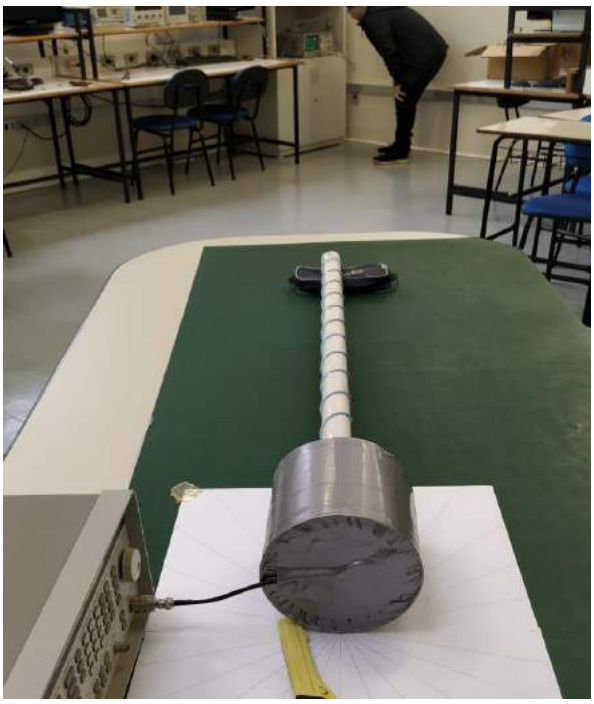


Figura 3. Antena posicionada em 0º, apontada diretamente à antena receptora no analisador de espectro

As medidas de ganho eram aferidas a cada 15º, até completar uma volta. Após todas as medições feitas com o plano de terra cilíndrico, o mesmo foi cortado de forma que restasse somente sua base circular.

Figura 4. Antena com o plano de terra circular

O processo de aferição de ganho feito anteriormente foi repetido para o plano de terra circular.

Com todos os valores extraídos das medições de cada plano de terra, a Tab. 1 e Tab. 2 foram geradas.

Tabela 1. Valores de ganho retirados das medições com o plano de terra cilíndrico

| Ângulo [graus] | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ganho [dBi] | 30 | 25 | 21 | 16 | 20 | 26 | 21 | 10 | 21 | 25 | 23 | 20 |

| Ângulo [graus] | 180 | 195 | 210 | 225 | 240 | 255 | 270 | 285 | 300 | 315 | 330 | 345 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ganho [dBi] | 22 | 26 | 21 | 16 | 21 | 18 | 23 | 25 | 26 | 25 | 29 | 27 |

Tabela 2. Valores de ganho retirados das medições com o plano de terra circular

| Ângulo [graus] | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ganho [dBi] | 30 | 13 | 12 | 20 | 17 | 23 | 19 | 21 | 20 | 18 | 22 | 17 |

| Ângulo [graus] | 180 | 195 | 210 | 225 | 240 | 255 | 270 | 285 | 300 | 315 | 330 | 345 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ganho [dBi] | 23 | 11 | 9 | 10 | 10 | 18 | 15 | 21 | 21 | 19 | 22 | 18 |

As tabelas não deixam os resultados muito claros, com elas, o gráfico da Fig. 5 foi gerado:

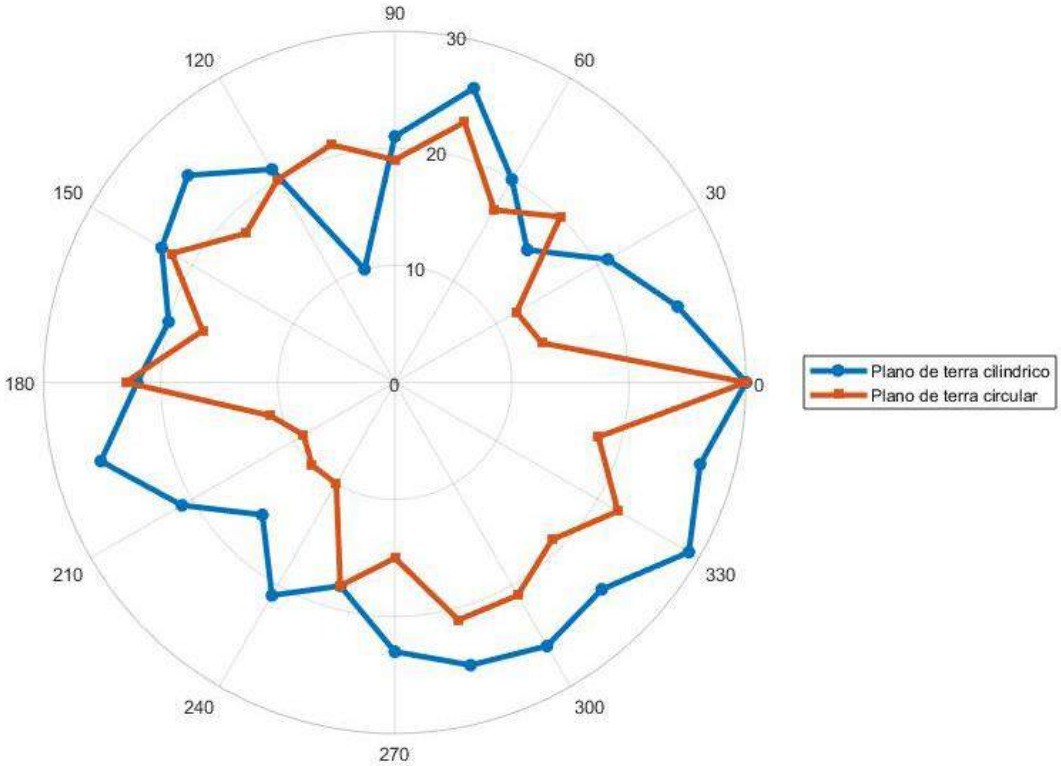



Figura 5. Gráfico polar da comparação dos ganhos

Como é possível observar claramente no gráfico, o plano de terra cilíndrico teve um ganho significativamente maior que o circular. O valor médio de ganho do plano de terra cilíndrico foi de 22,68dBi contra 18,36dBi do plano de terra circular, uma diferença de 4,32dBi. Interpreta-se que o cilindro se comporta como uma antena, servindo como radiador e amplificando o sinal emitido.

Outra observação a ser feita, é quanto a similaridade das duas medições. Isso se deve ao fato de que quando fazemos medições perto da região de campo próximo da antena, os diagramas de radiação são muito parecidos, independentemente do tipo de plano de terra ou do modo de operação.

## 4. CONCLUSÕES

A antena projetada funcionou perfeitamente para sua proposta. Da comparação dos planos de terra, concluímos que planos de terra cilíndricos são mais eficientes que planos de terra circulares por servirem como um radiador extra, aumentando o ganho do sinal de transmissão. Portanto, seu uso pode se tornar interessante por ser uma técnica simples e barata de otimização.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao espaço físico e equipamentos utilizados no Núcleo de Eletrônica (NE) e ao Laboratório de Comunicações (LACOM) da Universidade de Passo Fundo (UPF).

## 6. REFERÊNCIAS

Aircraft 101, 2016. “Radar Fundamentals (Part II)”. 24 ago. 2018. <http:// basicsaboutaerodynamicsandavionics.wordpress.com/2016/08/11/radar-fundamentals-part-ii>.

Antenna-theory, 2009-2011. “Helical Antenna (Helix)”. 8 ago. 2018. <http://www.antenna-theory.com/antennas/travelling/helix.php>.

Balanis, Constantine A., 1997a. *Teoria das antenas: análise e síntese*. Rio de Janeiro: LTC. volume 1.

Balanis, Constantine A., 1997b. *Teoria das antenas: análise e síntese*. Rio de Janeiro: LTC. volume 2.

de Oliveira, Júlio C., 2013. *Projeto e Otimização de Antenas Helicoidais Não Uniformes*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

Marcos, João de S. B. P., 2011. *Medição do campo próximo de antenas e outras estruturas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática) – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa.

Stutzman, Warren L.; Thiele, Gary A., 1998. *Antenna theory and design*. New York: John Wiley & Sons.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia Mecânica:

# Engenharia do Produto

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RELATO DE CASO: ETAPAS INICIAIS DE PROJETO DE P&D PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AUXILIAR DE MANOBRA EM CHAVES SECCIONADORAS

**João Vitor Bystronski Herzog**
**Juliano Danroch**
**Lucas Dalla Maria**
**Ademilson Setti**
**Maurício Rech**
**Luciano Favretto da Rocha**
**Charles Leonardo Israel**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
*128455@upf.br / 144186@upf.br / lucasdm@upf.br / ade.setti@gmail.com / mauriciorech_92@gmail.com / eng.lfr@gmail.com / israel@upf.br*

***Resumo.*** *Existe hoje uma limitação na automação de subestações de energia elétrica. Neste contexto destacam-se as chaves seccionadoras, cujo principal problema de operação é a abertura e o fechamento de forma correta e automática. O presente trabalho faz um estudo da implementação de um mecanismo de vibração em duas chaves seccionadoras, a BMKU-40A e a Lorenzetti EV 242kV, a fim de verificar se a excitação na estrutura facilitará ou não o correto funcionamento mecânico da chave. Visando um estudo com duas frentes para posterior comparação, os equipamentos foram modelados em softwares de desenho possibilitando a posterior análise numérica do seu funcionamento. Alinhado a isso foi construída uma bancada de testes em tamanho real viabilizando a análise experimental. Por meio das simulações será possível o conhecimento da frequência necessária para excitar a estrutura, bem como a localização ideal do mecanismo de vibração. Uma vez de posse desses valores, com a instrumentação e automatização da bancada de testes, será possível realizar testes e determinar estatisticamente se há ou não influência da vibração sobre o dispositivo de manobra e sua confiabilidade.*

***Palavras chave:*** *Mecanismo de vibração, Análise numérica, Análise experimental, BMKU-40A, Lorenzetti EV 242 kV.*

## 1. INTRODUÇÃO

A economia mundial está constituída por um setor de alta competitividade, qualidade dos produtos e concorrência acirrada. Em virtude disso, as empresas têm de estar sempre atentas às inovações disponíveis, possibilitando o lançamento de produtos antecipadamente aos concorrentes, maior custo benefício e melhor qualidade dos produtos.

A pesquisa e desenvolvimento (P&D), dentro desse contexto, é essencial para as empresas atingirem esses objetivos, pois é vista como a gestão de pesquisa científica e o desenvolvimento de novos produtos.

No setor de energia elétrica a mesma lógica é aplicada, buscando sempre a melhoria nos procedimentos relacionados a distribuição de energia. Com verbas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), repassadas às concessionárias de energia firmam-se acordos com o intuito de melhorar os produtos e atender as demandas impostas pela sociedade. Resultante disso, surgiu a necessidade de se aperfeiçoar os sistemas em subestações de energia elétrica, com grande destaque para chaves secionadoras.

As chaves seccionadoras são mecanismos imprescindíveis tanto na distribuição, quanto na transmissão de energia. Este equipamento deve funcionar adequadamente, uma vez que o seu mal desempenho pode levar a multas e até acidentes devido à falta da distribuição de energia elétrica à comunidade.

É comum que chaves secionadoras permaneçam na posição fechada por grandes períodos de tempo, ocasionando muitas vezes, a oxidação dos contatos e, consequentemente, a falha nos movimentos desejados. Para isso iniciou-se um projeto de P&D intitulado “Desenvolvimento e aplicação de controladores de chaves seccionadoras de alta tensão”, entre a Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF) e a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), buscando testar a influência do uso de vibração em dois modelos de seccionadores com vistas à confiabilidade e eficiência no funcionamento.

Visando solucionar os problemas relacionados aos movimentos mecânicos da chave, foi construída uma bancada de testes com duas chaves seccionadoras diferentes, que serão submetidas a vibração com o intuito de comprovar a melhoria na execução dos movimentos com a aplicação da vibração na estrutura em comparação com o sistema atual de funcionamento.

### 1.1 Objetivo Geral

Relato das etapas executadas do projeto de P&D.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Descrição das atividades realizadas pela equipe envolvida;
- Detalhamento das etapas de construção da bancada de testes;
- Apresentação das perspectivas futuras para o projeto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma chave seccionadora tem como função básica interligar ou interromper um circuito elétrico e até mesmo criar um caminho alternativo para o fluxo de corrente elétrica. De acordo com Frontin (2013), as principais funções das chaves seccionadoras são contornar equipamentos, como disjuntores e capacitores e isolar dispositivos para a manutenção. Os seccionadores são equipamentos imprescindíveis tanto na distribuição como na transmissão de energia, visto que é o primeiro e último equipamento de manobra em que circula o fluxo de potência.

As chaves são constituídas pelos contatos principais, que podem assumir um grande número de configurações, por um mecanismo de acionamento motorizado, responsável pela movimentação do contato principal para a abertura e fechamento do seccionador, e por uma unidade de comando, constituída dos elementos de controle e supervisão do seccionador.

É comum que nas chaves seccionadoras ocorram complicações na abertura e, principalmente, no fechamento. Os principais fatores responsáveis pelo mal funcionamento desta operação são o desalinhamento mecânico e o engripamento dos contatos fixos e móveis. Devido a fatores como esses, é possível que haja a indicação do correto fechamento ou abertura dos contatos, sem que o procedimento tenha de fato ocorrido. Em consequência do não fechamento, podem ocorrer a criação de arcos voltaicos de grande intensidade e, como resultado, gerar um grande risco para a integridade do mecanismo, assim como a segurança dos trabalhadores situados nas proximidades da estrutura.

Buscando a solução dos problemas citados anteriormente e com base na dissertação de mestrado do engenheiro Luciano Favretto da Rocha, apresentada em 2014, sob o título de “Implementação de um sistema para manobras de seccionadores de alta tensão visando seu processo de automação”, almeja-se validar a utilização de vibração nos componentes da chave visando o seu melhor funcionamento.

De acordo com os resultados obtidos por Rocha (2014), para os valores de torque como indica a Tab. 1, é possível observar a influência do atrito na manobra de abertura e fechamento da chave seccionadora. Os resultados mostram uma redução considerável no torque solicitado quando é aplicada a vibração no sistema, validando a proposta apresentada para a chave do modelo de dupla abertura testada. Os resultados alcançados deram origem ao depósito de patente (Brasil/Sul Patente BR 10 2013 0201987, 2013).

Tabela 1. Resultados dos ensaios obtidos com e sem vibração e lubrificação.

| | | |
|---|---|---|
| Sem lubrificar e sem vibrar | Força para abertura | 100 N.m |
| | Força para fechamento | 120 N.m |
| Lubrificado e sem vibrar | Força para abertura | 85 N.m |
| | Força para fechamento | 110 N.m |
| Sem lubrificar e vibrando | Força para abertura | 50 N.m |
| | Força para fechamento | 60 N.m |
| Lubrificando e vibrando | Força para abertura | 40 N.m |
| | Força para fechamento | 50 N.m |

Fonte: Rocha 2014.

## 3. DESENVOLVIMENTO

Na realização da dissertação do engenheiro eletricista Luciano Favretto da Rocha para obtenção do título de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação pela Universidade de Passo Fundo (UPF), descreveu-se em "Perspectivas futuras" a intenção de validar a proposta apresentada em chaves seccionadoras com outros tipos de manobras. Por isso, para a realização do projeto foram selecionadas duas chaves seccionadoras mostradas na Fig. 1. As chaves BMKU-40A e Lorenzetti EV 242kV, classificadas segundo Frontin (2013) como chave de gap vertical com abertura vertical reversa e chave de gap horizontal de abertura vertical, respectivamente.

Figura 1. Chave seccionadora BMKU-40A (esquerda) e Lorenzetti (direita).

### 3.1 Modelagem tridimensional das chaves seccionadoras

A modelagem tridimensional foi realizada com o intuito de representar virtualmente a superfície das chaves seccionadoras através do uso do scanner 3D portátil da marca Creaform, modelo HandySCAN 3D de alta precisão.

A utilização do scanner 3D é uma forma eficiente e confiável de coletar medidas de objetos físicos. Inicialmente são adicionados, manualmente, pontos de referência na superfície de interesse e, ao movimentar o scanner pela estrutura, são reconhecidos estes pontos como alvos reflexivos. Portanto, podemos movimentar livremente a peça e o scanner durante a digitalização sem interferir nos resultados. O scanner é conectado ao computador e, simultaneamente ao escaneamento, gera o arquivo do modelamento do objeto. Após a realização do escaneamento o arquivo é exportado ao software de modelamento escolhido.

O scanner 3D é um excelente recurso para obtenção de objetos com superfícies complexas, porém para superfícies com dimensões simplificadas ganha-se tempo extraindo-se as dimensões de forma manual e modelando diretamente no software de modelamento. A Fig. 2 mostra o modelo tridimensional da BMKU-40A, evidenciando os contatos fixos e a haste móvel.

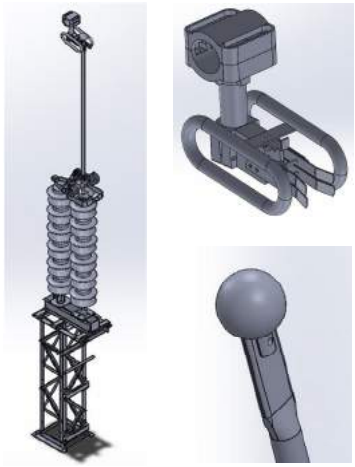


Figura 2. Modelo tridimensional da chave seccionadora BMKU-40A, contatos fixos e haste móvel.

A Fig. 3 mostra uma comparação entre o suporte real da haste móvel da chave seccionadora e o modelo tridimensinal elaborado no software de modelamento.

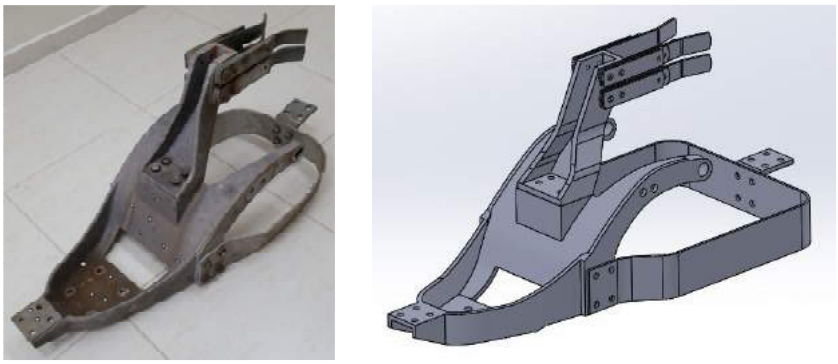


Figura 3. Suporte real da chave seccionadora BMKU-40A (esquerda) e o modelo tridimensional (direita).

### 3.2 Simulação numérica das chaves seccionadoras

Após a realização da modelagem tridimensional das chaves seccionadoras, serão realizadas as simulações numéricas. Com base nas peças sólidas geradas no software de modelamento, serão geradas malhas computacional para posterior simulação pelo método dos elementos finitos.

O objetivo é adquirir a frequência natural da estrutura, obtendo o valor adequado para a vibração sem que a mesma entre em colapso e danifique os componentes. O valor encontrado será aplicado pelo moto vibrador na estrutura para a realização dos ensaios mecânicos.

Posteriormente, serão encontrados os valores da tensão e deformação mecânica que a estrutura sofrerá em razão da vibração imposta. Além disso, serão encontrados os pontos críticos da estrutura, com o propósito de obter os pontos ideais para a instalação de sensores e identificar os valores de tensão mecânica e deformação mecânica.

Ao término da simulação e obtenção dos dados numéricos, será realizada a comparação desses valores aos encontrados nos ensaios mecânicos, esperando-se obter a validação do modelo numérico empregado.

### 3.3 Construção da bancada de testes

Iniciou-se a obra no dia 15 de janeiro de 2018, através da execução da terraplanagem no local de implementação da bancada de testes (UPF Parque).

Logo após foram realizadas as fundações através de sapatas em concreto armado seguindo as especificações do projeto, tendo como requisito o concreto de Resistência Característica do Concreto à Compressão (FCK), igual a 30 MPa para a concretagem. Em seguida foi realizada a montagem dos pilares de sustentação das chaves seccionadoras, os quais foram disponibilizados e instalados pela CEEE.

A chave Lorenzetti EV 242 kV, por corresponder a uma chave tripolar, é composta por três conjuntos e para a sustentação de cada chave são utilizadas duas colunas situadas no local das sapatas 1-2, 3-4 e 5-6, enquanto a chave BMKU-40A utiliza o pilar 8 para sustentação dos isoladores e da haste e o número 7 para a fixação dos contatos fixos, como mostra a Fig. 4.

Figura 4. Sapatas da bancada de testes.

Realizou-se também a instalação da energia elétrica na bancada de testes para alimentação do sistema de motorização das chaves, sistema de monitoramento, iluminação e sensores. A fiação foi instalada por tubulações subterrâneas até o ponto de entrada da bancada de testes, onde é ramificada para os diversos componentes.

A montagem da chave BMKU-40A teve término no dia 29 de maio de 2018 e a Lorenzetti está em processo final com previsão de conclusão para o dia 31 de agosto, consoante à Fig. 5.

Figura 5. Chaves seccionadoras BMKU-40A e Lorenzetti na bancada de testes.

### 3.4 Metodologia dos testes

Para realizar os testes nas chaves seccionadoras foi definida a realização de uma pesquisa das normas que abrangessem todos os aspectos relacionados aos ensaios de durabilidade mecânica dos componentes envolvidos. A pesquisa contemplou as seguintes normas: ABNT NBR 62271-102; ABNT NBR 7571; ABNT NBR 6935; ABNT NBR IEC 60694; IEC - 60694 e IEC - 62271-200.

Por fim, por ser a mais completa, adotou-se as orientações estabelecidas na norma ABNT NBR 62271. Esta norma define que os ensaios devem realizar operações de abertura e fechamento da chave seccionadora, a fim de averiguar se a operação é satisfatória. Também define que devem ser feitos dez mil ciclos, sendo permitida uma manutenção na chave em intervalos de mil repetições.

Com o intuito de obter resultados comparativos para validação da proposta, inicialmente serão realizados testes sem a interferência da vibração verificando o desempenho da operação de abertura e fechamento das chaves seccionadoras.

Os itens a serem avaliados nos testes são a operação de abertura e fechamento da chave seccionadora, assim como o tempo necessário para a realização das manobras, a tensão e deformação mecânica, torque no motor elétrico e nos parafusos da estrutura e a frequência vibracional.

Para a realização dos testes, a equipe optou pela automação do sistema e instalou um controlador lógico programável (CLP) para controlar a chave seccionadora, ativando seu fechamento ou abertura, ligando o moto vibrador para iniciar a vibração, realizar a contagem de ciclos, verificar o número de vezes que a chave chegou até o fim de curso e demais operações necessárias. Na Fig. 6 pode-se observar os fluxogramas dos testes com e sem o emprego da vibração.

## 4. CONCLUSÕES

A equipe da UPF envolvida com o Programa de P&D em questão tem o término das atividades previsto para 30 de Agosto de 2019. Ao fim deste período, espera-se que a patente depositada, a qual deu origem ao Programa de P&D, obtenha a validação para os dois modelos de chaves seccionadoras investigadas.

Acredita-se que sejam obtidos os seguintes resultados:

- Ao realizar a manobra de abertura e fechamento da chave seccionadora sob efeitos da vibração obtenha-se uma redução no torque solicitado;
- Ao realizar as manobras de abertura e fechamento com interferência da vibração, ocorra um porcentual maior de operações satisfatórias em relação as manobras sem interferência da vibração;
- Mesmo sob efeitos da vibração, a deformação mecânica e tensão mecânica continuem iguais ou inferiores aos testes sem interferência da vibração;
- Os parafusos da estrutura não obtenham folgas significativas devido à vibração e não prejudiquem a integridade do dispositivo.

Além disso, a utilização da vibração como sistema auxiliar para as manobras de abertura e fechamento das chaves seccionadoras possibilita a automação do equipamento aliada ao correto funcionamento. Acompanhado a isto, a

diminuição dos custos da empresa devido à atual necessidade de locomoção de um funcionário à subestação de energia para verificação da manobra de abertura e fechamento.

A equipe tem o objetivo de realizar outros programas de P&D, seja em conjunto à CEEE ou outras concessionárias do setor elétrico, pois esta experiência demonstrou-se uma parceria próspera entre universidade e empresa.

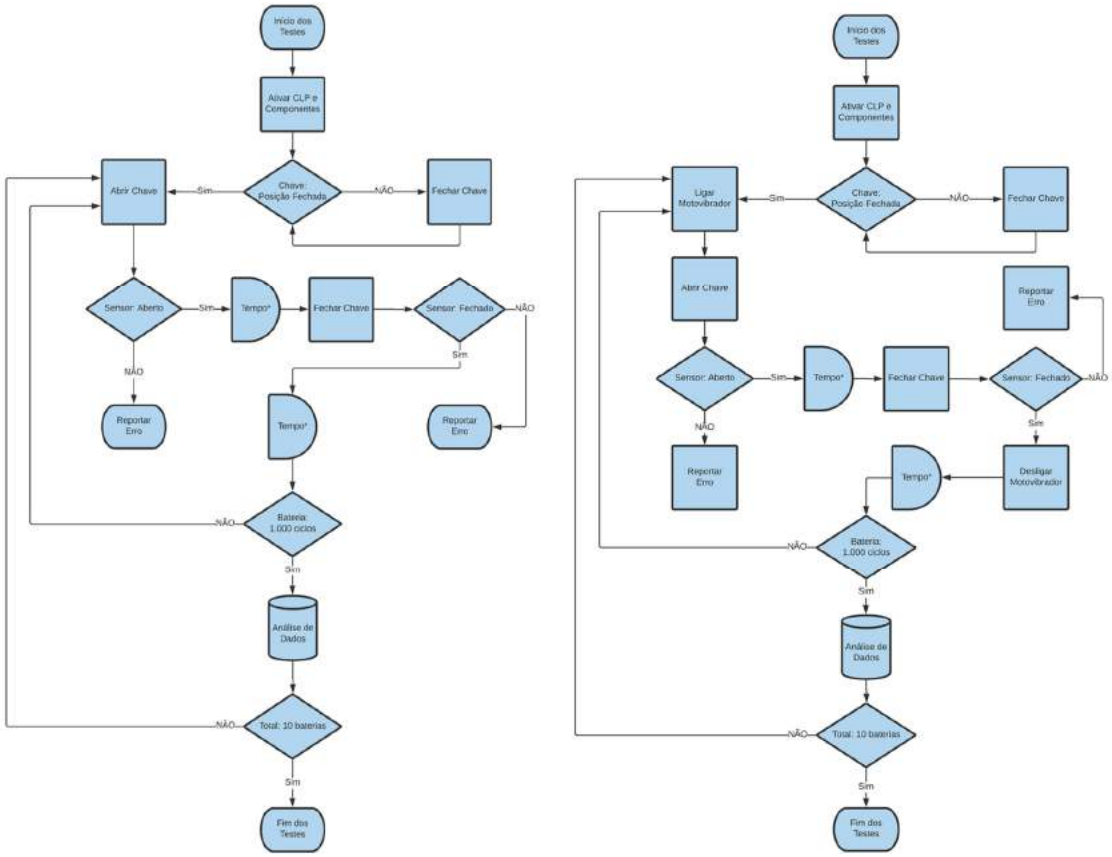



Figura 6. Fluxograma dos testes sem vibração (esquerda) e com vibração (direita).

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE-GT) através do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) sob o contrato nº 9953349, bem como o apoio institucional da Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF).

## 6. REFERÊNCIAS

Frontin, S. O. Equipamentos de Alta Tensão – Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas. 1a edição, 2013.
Rocha, L. F. Implementação de um Sistema para Manobras de Seccionadores de Alta Tensão visando seu Processo de Automação. Passo Fundo - RS: UPF, 2014.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE ENSAIO MECÂNICO PARA SECCIONADORES DE ALTA TENSÃO UTILIZANDO METODOLOGIA PROJETUAL: FASES 1 E 2

**Ademilson Setti**
**Maurício Rech**
**Lucas Dalla Maria**
**João Vitor B. Herzog**
**Juliano Daronch**
**Luciano Favretto da Rocha**
**Charles Leonardo Israel**
**Márcio Walber**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
ade.setti@gmail.com / mauriciorech_92@gmail.com / lucasdm@upf.br / 128455@upf.br / 144186@upf.br / eng.lfr@gmail.com / israel@upf.br / mwalber@upf.br

***Resumo.*** *Tendo por base um dos principais problemas do setor elétrico mundial, o fechamento de chaves seccionadoras, busca-se soluções através de projetos de pesquisa e desenvolvimento que possam mitigar o efeito causado pela pouca área de contato entre a haste móvel e contato fixo, sendo responsável por deteriorar e, muitas vezes, inutilizar os equipamentos. Tendo ciência que uma das causas da má qualidade na operação de fechamento entre chave e contato se dá pelo atrito, o presente estudo pretende utilizar técnicas, modelos e metodologias de desenvolvimento de produto para elaboração e definição de um procedimento adequado, conforme normas nacionais e internacionais, para reduzir o efeito descrito anteriormente causado pelo atrito. Espera-se, com as técnicas utilizadas neste estudo, obter um procedimento consistente que possa ser empregado em quaisquer modelos de chaves seccionadoras para melhor eficiência e eficácia no processo de fechamento de chaves seccionadoras.*

***Keywords:*** *Vibração, Atrito, Metodologia de desenvolvimento de produto, Setor elétrico.*

## 1. INTRODUÇÃO

As subestações de energia são localidades que possuem conjuntos de equipamentos necessários para a distribuição de energia elétrica, atuando como pontes de convergência entre a entrada e a saída de linhas de distribuição. Dentro das subestações, existem determinados equipamentos fundamentais para o bom funcionamento do sistema, dentre os quais convém citar as chaves seccionadoras.

As chaves seccionadoras são dispositivos responsáveis por interromper ou liberar a passagem de energia elétrica dentro de uma subestação, chegando até as linhas de transmissão urbanas e, por consequência, até os clientes. Para Silva *et al.* (2010), as chaves seccionadoras permitem controlar a interrupção do fornecimento de energia devido às faltas permanentes, bem como para obras de expansão e manutenção da rede elétrica.

De acordo com Frontin (2013), 28% das causas de falhas nas chaves estão relacionadas ao não fechamento após a emissão do comando para tal ação. Atualmente existem diversos estudos para desenvolvimento de projetos de pesquisas para esse setor, fruto de diretrizes empregadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para todas as empresas envolvidas com geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Para Borges e Rodrigues (2010), o ritmo acelerado das mudanças de tendências tem exigido um processo de desenvolvimento de produto mais dinâmico e rápido. Assim sendo, no presente estudo, será desenvolvido um procedimento para ensaios mecânicos nos dispositivos de manobra das subestações de energia elétrica utilizando metodologia projetual.

### 1.1 Objetivo Geral

Desenvolvimento de um procedimento para ensaio experimental de chaves seccionadoras baseado na metodologia projetual.

### 1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do presente artigo são:

- Verificar e estudar normas técnicas sobre chaves seccionadoras;
- Utilizar metodologia projetual para elaboração do procedimento;
- Avaliar alternativas que tornem o procedimento mais adequado;
- Aplicar o procedimento elaborado em uma bancada de teste para sua validação.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Chaves seccionadoras são dispositivos mecânicos de manobra responsáveis pelas ações de abrir, fechar ou então transferir as ligações de um circuito. Também permitem controlar o fornecimento de energia para as realizações de obras de expansão e intervenção para manutenção em componentes da rede. Segundo Leite *et al.* (2010), com o intuito de regulamentar este dispositivo algumas normas foram criadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como a NBR 6935 (2011) e NBR 7571 (1985).

As chaves seccionadoras são extremamente importantes para o sistema das subestações, se não o equipamento mais importante em uma subestação, porque operam com carga ou sem, tendo como finalidade abrir ou fechar os circuitos. Ao longo do tempo, os seccionadores não apresentaram o mesmo avanço tecnológico dos demais dispositivos do sistema, podendo ser essa uma das variáveis responsáveis pelos problemas decorrentes no seu desempenho, consequentemente afetando a confiabilidade do sistema como um todo.

Antes de iniciar a exploração dos meios que levam as chaves seccionadoras a falhar, admite-se que seja introduzida a definição para falha. Conforme NBR 5462 (1994), a falha é o fim da capacidade de um componente desempenhar a função para qual foi concebido.

Para Querino (2015), as chaves seccionadoras podem ser afetadas pelas seguintes falhas:

- Aquecimento desmoderado de alguns elementos das chaves seccionadoras, como contatos, conexões e mecanismos de articulação;
- Alteração da resistência mecânica de segmentos que compõem a chave, causando quebra ou ruptura em molas e ganchos, por exemplo;
- Junção incongruente entre haste móvel e seu contato fixo durante a operação de manobra.

A relação existente entre o aquecimento dos elementos das chaves seccionadoras está profundamente ligada com a região de interface do contato fixo da chave e sua lâmina. Nessa região têm-se algumas peculiaridades que propiciam esse aquecimento como, por exemplo, a pequena área de contato entre a lâmina móvel da chave e o contato fixo, sujidade no contato, dentre outros corpos estranhos e imprevisíveis. Além dessa anomalia estar relacionada com a força de atrito no contato, resultante do movimento relativo entre as duas superfícies, pode ocorrer ainda a deformação plástica na lâmina devido aos possíveis desalinhamentos sofridos pelos componentes ao longo de sua vida útil.

Para Pahl *et al.* (2005), existe uma grande importância que o desenvolvimento do produto se dê no exato momento onde se cruzam as necessidades e as soluções para tal necessidade, assim sendo o emprego de técnicas para o desenvolvimento de boas soluções pode e deve ser empregado. Dentre as inúmeras metodologias pode-se destacar a de Pahl *et al.* (2005) que apresenta, na Fig. 1, as fases de desenvolvimento do produto conforme seus estudos. A primeira fase da metodologia tem por propósito um diagnóstico detalhado do contexto onde a metodologia será aplicada, iniciando pela estruturação da lista de requisitos do produto. Neste ponto da metodologia, a definição da função requerida, as perturbações externas, grandezas de entrada e saída, bem como indicadores financeiros e prazos são apontados.

Na segunda fase desenvolvem-se as soluções apropriadas para o problema investigado com a elaboração de uma solução conceitual através do reconhecimento de problemas essenciais, estabelecimento de estruturas funcionais e busca de princípios de solução apropriados. Ao defrontar-se com o problema inicial, é possível apontar uma função global para o mesmo, podendo assim ser estabelecido uma estrutura funcional.

Ao avançar para a terceira fase é estabelecida a estrutura de funcionamento adequada. Nesta etapa são definidos processos de fabricação, dimensões e algumas subfunções, iniciando-se assim o detalhamento da solução esperada. Para isso, necessita-se que o projeto esteja com bom grau de definição visando a análise de fatores importantes, tais como durabilidade, montagem, custos e outros. A fase de anteprojeto pode ser aplicada na melhoria de novos produtos, manutenção corretiva de produtos e, evidentemente, em novos produtos.

Já na quarta fase o detalhamento obtido é aprimorado e finaliza-se a solução proposta. Aqui busca-se concluir a documentação técnica da estrutura de execução e projetos para a produção de um produto ou a aplicação de uma solução.

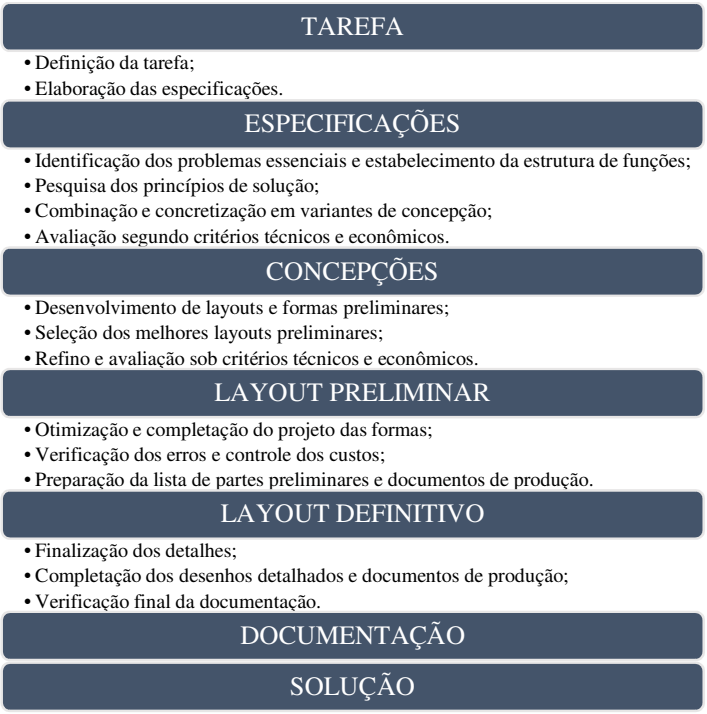



Figura 1 - Etapas do desenvolvimento metódico de produto.
Fonte: Adaptado de Pahl *et al.* (2005).

## 3. METODOLOGIA

Neste estudo adotou-se as duas primeiras fases da metodologia de Pahl *et al.* (2005). Os conceitos das duas fases são abordados nas próximas subseções, onde também são relatados os resultados obtidos para cada fase e como estes resultados auxiliam no desenvolvimento da metodologia desejada.

### 3.1 Primeira Fase

A primeira fase proposta por Pahl *et al*. (2005) resume-se na elaboração de uma lista de requisitos. Esta lista consiste em um quadro organizado de forma a clarificar as ideias, características e objetivos fundamentais do produto a ser desenvolvido. Neste caso, o produto desejado é uma metodologia para realizar o procedimento de ensaios experimentais em chaves seccionadoras.

Pahl *et al.* (2005) propõe o uso da técnica da linha mestra para o desenvolvimento da lista de requisitos. Esta técnica possibilita a visualização de itens da lista de pré-requisitos em uma percepção mais ampla. No presente trabalho, o procedimento experimental foi dividido nos seguintes itens: ergonomia, clareza, sequencial, controle de qualidade, normatização, montagem e desenhos. A lista de requisitos desenvolvida pode ser observada no Quadro 1. A partir dela é possível avançar para a próxima fase, chamada de concepção. A escolha entre os requisitos desejáveis e exigidos deu-se de tal forma que o presente estudo que tornasse mais completo para este tipo de aplicação, tendo a natureza da elaboração de um procedimento.

### 3.2 Segunda Fase

A segunda fase de projeto proposta por Pahl *et al.* (2005) é caracterizada pela organização das funções e subfunções do produto final. A partir destas funções, são identificadas possíveis soluções que atendam os requisitos de projeto descritos anteriormente. Estas soluções são então avaliadas uma a uma, e, por fim, é gerada uma variante única, que atende a todos os requisitos. Na Fig. 2 apresenta-se a função global do produto, sendo ela o procedimento para ensaio das chaves seccionadoras. A função global foi estabelecida considerando as falhas de operação nas chaves seccionadoras causadas pelo atrito.

Quadro 1 - Lista de requisitos.

| Característica Principal | Exigência/ Desejável | Requisito |
|---|---|---|
| Ergonomia | E | Seguir disposição NR-17 |
| | D | Menor esforço físico possível |
| Clareza | D | Escrita de forma objetiva |
| | E | Ideias coerentes |
| Sequecinal | E | Apresentar operações em ordem sequencial |
| Controle de Qualidade | E | Elaborada conforme estudos mais atualizados |
| | D | Fazer parte de procedimentos internacionais |
| | E | Validar metodologia no exterior |
| Normalizada | E | Conforme normas vigentes do setor |
| | D | Tornar um P.O. para o setor |
| Montagem | D | Equipamentos de fácil instalação |
| | D | Posicionamento dos equipamentos em fácil acesso |
| Desenhos | D | Ilustrar aplicações |
| | D | Enriquecer procedimento |
| Energia | D | Tensão dos equipamentos compatível com local de instalação |

Fonte: Autor, 2018.

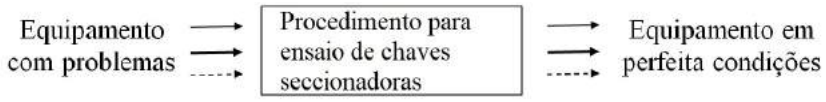



Figura 2 - Função global do produto.
Fonte: Autor, 2018.

A definição da função global torna possível a subdivisão da mesma de tal modo que o problema seja desmembrado em subfunções. Para o procedimento descrito, pode-se identificar as subfunções apresentadas na Fig. 3.

Figura 3 - Subfunção do procedimento.
Fonte: Autor, 2018.

A partir das funções descritas na Fig. 3 foi possível estabelecer um quadro de soluções para cada uma delas, conforme apresentado no Quadro 2.

Em seguida à organização do Quadro 2, é realizada a avaliação das soluções. As variantes presentes no Quadro 2 são trabalhadas e apresentadas no Quadro 3, como soluções possíveis a serem incorporadas no projeto. Para isso elas devem estar de acordo com a lista de requisitos e outros critérios que atendam necessidades técnicas, comerciais, dentre outras, satisfazendo assim os critérios mínimos estabelecidos para obtenção da solução para o procedimento a ser elaborado.

A seleção de cada solução levou em consideração os critérios descritos abaixo:

- Conformidade com a lista de requisitos;
- Atendimento aos requisitos de segurança;
- Facilidade na aplicação.

Convém destacar que nenhuma das soluções satisfazem completamente as exigências propostas, assim tem-se como orientação a busca da solução que mais se aproxime da solução ótima.

Qaudro 2 - Estrutura de função.

| **Função** | **Solução 1** | **Solução 2** |
|---|---|---|
| Atendimento de normas | Apenas NBRs | Todas as normas |
| Texto | Claro | Técnico |
| Organização | Sequencial | Alternado |
| Desenhos | 2D | 3D |
| Confirmação de fechamento | Laser | Mecânico |
| Redução do atrito | Lubrificante | Vibração |
| Fixação | Parafusada | Soldada |
| Acionamento | Casa de comando | *In loco* |

Fonte: Autor, 2018.

Quadro 3 - Variantes de solução.

| | Avaliar Alternativas de solução de acordo com os critérios e seleção | | | | Possíveis soluções encontradas |
|---|---|---|---|---|---|
| | S - Sim | | | | |
| | N - Não | | | | |
| | ? - Escassez de Informações | | | | |
| | 1 | • Há conformidade com a lista de requisitos? | | | |
| | | 2 | • Atende a requisitos de Segurança? | | |
| | | | 3 | • Pode ser implantada facilmente? | |
| | | | | Observações: | |
| L1C1 | N | S | N | Normas internacionais descartadas | |
| L1C2 | S | S | S | | OK |
| L2C1 | S | ? | S | | OK |
| L2C2 | N | S | S | | OK |
| L3C1 | S | ? | S | | OK |
| L3C2 | N | S | N | Incoerência no desenvolvimento | |
| L4C1 | S | S | S | | OK |
| L4C2 | S | S | N | | OK |
| L5C1 | S | ? | S | | OK |
| L5C2 | S | ? | N | | OK |
| L6C1 | S | S | N | | OK |
| L6C2 | S | S | S | | OK |
| L7C1 | S | S | S | | OK |
| L7C2 | S | N | N | Custo elevado | |
| L8C1 | S | S | S | | OK |
| L8C2 | N | S | N | Não possibilita automação | |

Fonte: Autor, 2018.

## 4. RESULTADOS

A seguir são apresentados resultados que convergem com a sequência de tarefas e atividades descritas por Pahl *et al.* (2005) correspondentes às fases de esclarecimento e definição metódica da tarefa (primeira fase) e métodos para a concepção (segunda fase). O procedimento de projeto é benéfico pois expõe a perspectiva de uma tomada de decisão mais apropriada, atendendo as obrigações apresentadas na lista de requisitos. A partir do planejamento e da concepção do projeto, tem-se uma variante de soluções para os problemas apresentados, bem como a justificativa para a solução.

Com a conclusão da fase de planejamento chegou-se a um conjunto de requisitos ideais para o projeto. Com esses requisitos pode-se vislumbrar algumas soluções para o desenvolvimento do procedimento esperado. No Quadro 4, apresenta-se a variante de solução para a elaboração do procedimento de ensaio de chaves seccionadoras.

No Quadro 4 estão destacadas com as células verdes as soluções que mais se enquadram nas variantes de solução. O atendimento de todas as normas refere-se à consideração das normas internacionais, visando a homologação internacional da metodologia. A busca pela utilização de uma escrita clara e objetiva se deve ao fato das normas apresentarem, com frequência, textos vagos dificultando sua interpretação. Com a utilização de desenhos 3D, busca-se ilustrar, de modo visual, os componentes do sistema facilitando o entendimento e complementando o texto.

Quadro 4 - Variante de solução escolhida.

| Função | Solução 1 | Solução 2 |
|---|---|---|
| Atendimento de normas | Apenas NBRs | Todas as normas |
| Texto | Claro | Técnico |
| Organização | Sequencial | Alternado |
| Desenhos | 2D | 3D |
| Confirmação de fechamento | Laser | Mecânico |
| Redução do atrito | Lubrificante | Vibração |
| Fixação | Parafusada | Soldada |
| Acionamento | Casa de comando | *In loco* |

Fonte: Autor, 2018.

Complementarmente, tem-se a opção pela utilização de laser interferométrico para confirmação do fechamento da chave seccionadora, cuja escolha se deu pelo elevado grau de precisão do laser para esta subfunção crítica indispensável ao bom funcionamento do sistema. Para redução do atrito a opção escolhida foi a vibração, pois apresenta um menor custo de implementação, haja vista que com o passar do tempo o lubrificante degrada-se e perde suas propriedades devido à exposição prolongada às intempéries, podendo inclusive prejudicar o funcionamento correto da chave.

Já a fixação dos equipamentos deve ser feita utilizando parafusos já que tal solução possibilita maior praticidade na instalação de componentes e facilita o monitoramento dos efeitos da vibração sobre o dispositivo. Por fim, a opção pelo acionamento da vibração na casa de comando e não *in loco* torna a operação menos onerosa e mais segura.

## 5. CONCLUSÕES

Tendo como objetivo principal a elaboração de um procedimento de teste de chaves seccionadoras que seguisse os conceitos e orientações desenvolvidos por Pahl *et al.* (2005), obteu-se a solução destacada no Quadro 4.

Através da análise pontual de cada solução apresentada constatou-se que a escolha particular de cada solução apresenta a capacidade de reduzir consideravelmente as falhas decorrentes do atrito nas chaves seccionadoras. A utilização da metodologia projetual foi de grande valia, pois, através dela, pode-se entender melhor os problemas de operação dos componentes e, consequentemente, apresentar a melhor solução para a anomalia a ser sanada.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE-GT) através do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) sob o contrato nº 9953349, bem como o apoio institucional da Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 5462. *Confiabilidade e mantenabilidade*. 1994.

ABNT NBR 6935. *Seccionador, chaves de terra e aterramento rápido.* 2011.

ABNT NBR 7571. *Seccionadores – Características técnicas e dimensionais.* 1985.

Borges, F. M; Rodrigues, C. L. P. *Pontos Passívies de Melhoria no Método de Projeto de Produto de Pahl e Beitz.* Gest. Prod. vol.17 no.2 São Carlos 2010.

Frontin, S. O. *Equipamentos de Alta Tensão – Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas.* 1ª edição, 2013.

Leite, J.B; Mathias Neto. W.P. e Mantovani, J.R.S. *Alocação Otimização de chaves de Manobras para Restauração de Redes de Distribuição de Energia Elétrica.* XLII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves - Rio Grande do Sul – Brasil, 2010.

Pahl, G., Beitz, W; Feldhusem, J., Grote, K. H. *Projeto na Engenharia***.** 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

Querino, T. F. *Metodologia para Gestão de Ativos para Chave Seccionadora 15 kV.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

Silva, L. G. W., Pereira, R. A., Mantovani, J. R. S. *Alocação Otimizada de Dispositivos de Controle e Proteção em Redes de Distribuição.* Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica, Vol. 21, N°3, 2010.

## 8. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# METODOLOGIA DE PROJETO APLICADA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE AR DE SALAS CIRÚRGICAS DE ALTA COMPLEXIDADE

**Adriano dos Santos Barella**
**Lucas Stein da Silva**
**Márcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Junior**

Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
145372@upf.br; barella@upf.br; mwalber@upf.br; agenor@upf.br

***Resumo.*** *Com o aumento da fiscalização nos hospitais e ambientes destinados a saúde pública, cabe aos gestores destes estabelecimentos modernizar-se e adequar-se a esta nova realidade, isso é fundamental para que estes possam manter-se operando, e prestando atendimento à comunidade. O tratamento de ar de estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) merece uma atenção especial, pois nestes ambientes os pacientes estarão expostos e vulneráveis à distintos invasores. O referido tratamento é efetuado por uma gama de equipamentos e acessórios conectados em série, com a finalidade de controlar a temperatura, umidade, qualidade e movimentação do ar. A fim de indicar as soluções adequadas e para "minimizar os retrabalhos" comuns em projetos, este estudo utiliza métodos e sequências projetuais, nas fases de planejamento e concepção. Como resultados foi obtido a concepção de um sistema de tratamento de ar otimizado para sala cirúrgica.*
***Palavras-chave:*** *EAS, sala cirúrgica especializada, qualidade do ar, metodologia projetual.*

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um crescimento econômico e, juntamente com ele, um aumento nos investimentos e nas infraestruturas hospitalares. Este crescimento teve uma parada brusca com as recentes crises econômicas mundiais e desestabilidades políticas e econômicas nacionais, apesar disto, as necessidades e os esforços dos gestores hospitalares estão mantendo e garantido os investimentos necessários afim de adequar os ambientes hospitalares atendendo as exigências dos órgãos fiscalizadores.

Dentro dos requisitos dos estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), encontra-se o tratamento do ar, que compreende a qualidade do ar em geral, não só a temperatura, mas também a umidade relativa, pureza, velocidade, movimentação, renovação e recirculação do ar bem como as pressões das salas em questão.

Estes ambientes são tratados e vistos como salas cirúrgicas especializadas, por serem os locais onde ocorrerem cirurgias ou procedimentos de "alta complexidade", ou seja, cirurgias onde os órgãos internos dos pacientes estarão expostos, sendo que este cuidado visa evitar que estes órgãos sejam contaminados por bactérias ou qualquer outro agente microscópico.

Um estudo relacionado à qualidade do ar em salas cirúrgicas realizado por Von et al. (2010) afirma que os níveis de contaminação estão acima dos valores aceitos pelas agências reguladoras, representando risco para os pacientes. Em outro estudo mais recente Limberger et al. (2016) concluiu que há necessidade de modificar os aspectos da construção nas salas cirúrgicas, a fim de reduzir a possibilidade de contaminação pelo ar e diminuir a concentração de dióxido de carbono no ambiente.

Desta forma, o objetivo deste estudo visa a obtenção de um conceito de sistema de tratamento de ar voltado às salas cirúrgicas especializadas, garantindo a qualidade do ar, dentro dos padrões estabelecidos por norma.

Antes de se iniciar o desenvolvimento do sistema que tem o intuito de amenizar os problemas relatados, faz-se necessário promover a revisão dos conceitos básicos de ar-condicionado. Segundo a NBR 16401/2008, o condicionamento de ar é o processo que objetiva controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a movimentação, a renovação e a qualidade do ar de um ambiente. Em certas aplicações controla também o nível de pressão interna do ambiente em relação aos ambientes vizinhos.

De modo geral, o ciclo básico de um sistema de refrigeração pode ser resumido por quatro componentes principais: Compressor, Condensador, Dispositivo de Expansão e Evaporador, conforme mostra a Figura 1.

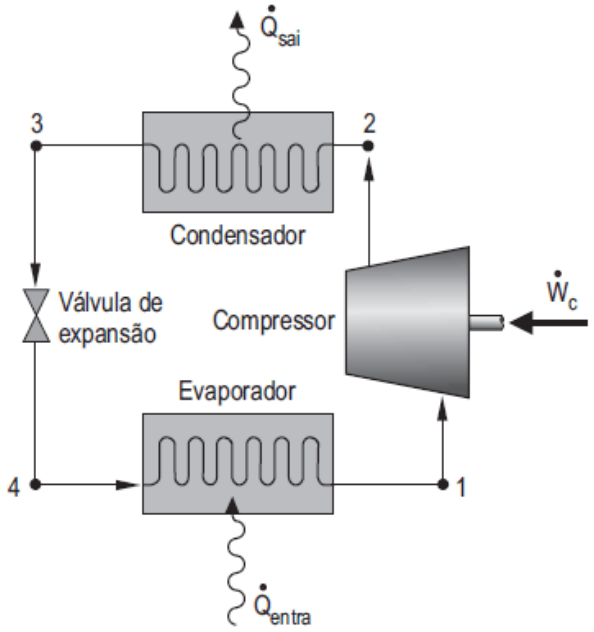



Figura 1. Ciclo Básico da refrigeração
(Fonte: MORAN et al., 2009)

A NBR 7256/2005 estabelece os requisitos mínimos para projeto e execução de instalações de tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). O que vem de encontro com os objetivos do projeto, tendo em vista que a norma prevê orientações em relação à todo o sistema.

Ainda referente a NBR 16401/2008, a mesma sugere detalhadamente as várias etapas voltadas ao projeto de sistemas de ar condicionado, que engloba conceitualmente as etapas de Levantamento (LV), Programa de Necessidades (PN), Estudo de Viabilidade (EV), Estudo Preliminar (EP), Anteprojeto (AP), Pré-execução (PR), Projeto Básico (PB) e Projeto para execução (PE), conforme a ABNT NBR 13531.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A literatura é rica em metodologias para o desenvolvimento de novos produtos, cabendo ao projetista encontrar ou adaptar a metodologia que atenda às necessidades do projeto. Cada método segue seus próprios princípios, dando mais ênfase numa etapa que julga de maior importância. Algumas definem um processo preciso e detalhado, e outras possuem um processo com estrutura mais genéricas e amplas.

Segundo Pahl e Beitz (2005), uma metodologia projetual trata de um procedimento planejado contendo indicações concretas de condutas a serem observadas no desenvolvimento e no projeto de sistemas técnicos, resultantes de conhecimentos na área de projeto, psicologia cognitiva e experiência com aplicações diversas.

Partindo do escopo do projeto, a metodologia mais pertinente é a Pahl e Beitz (2005) apresentam quatro fases em sua metodologia para desenvolvimento de produto, conforme mostra a Figura 2. Suas ferramentas e sequência sistemática e simplificada foram pontos decisivos para a escolha.

A primeira fase do processo de Pahl e Beitz (2005), destina-se a uma análise detalhada do problema a ser solucionado ou da proposta de desenvolvimento de produto, visando à elaboração da lista de requisitos do produto. Nesta etapa pretende-se definir a função requerida, as grandezas de entrada e saída e as perturbações externas ao problema, que resultarão na elaboração detalhada das especificações de projeto.

A segunda fase é a parte do processo de projeto onde busca-se princípios de soluções, o caminho de uma solução básica é traçado através da elaboração de uma solução conceitual. Uma vez que o problema central tenha sido delimitado é possível definir uma função global, que é desdobrada numa da estrutura de sub funções. As variantes de conceito geradas são avaliadas, para determinar se satisfazem ou não as especificações, sejam elas nos aspectos técnicos ou econômicos.

Dando sequência, na terceira fase é definida a concretização adequada da estrutura de funcionamento. São definidos os materiais, processos de manufatura, dimensões principais do produto e as funções auxiliares através de sub funções. Após uma verificação é realizado o detalhamento da documentação para produção. O destaque da fase de anteprojeto é que ela não é utilizada exclusivamente no desenvolvimento de produtos novos, podendo ser utilizada na melhoria de produtos, correção de falhas e projeto de produtos derivados de outros já existentes.

Na quarta fase, tem-se o detalhamento na qual define-se detalhes quanto à forma, material, acabamento superficial, tolerâncias e ajustes simultaneamente ao detalhamento de cada componente. Nessa última fase objetiva-se documentar

tecnicamente a estrutura da execução e construção do projeto através de desenhos de componentes individuais e para fabricação, desenhos de conjuntos e montagem, desenhos completos com listas de peças, manuais de operação e transporte.

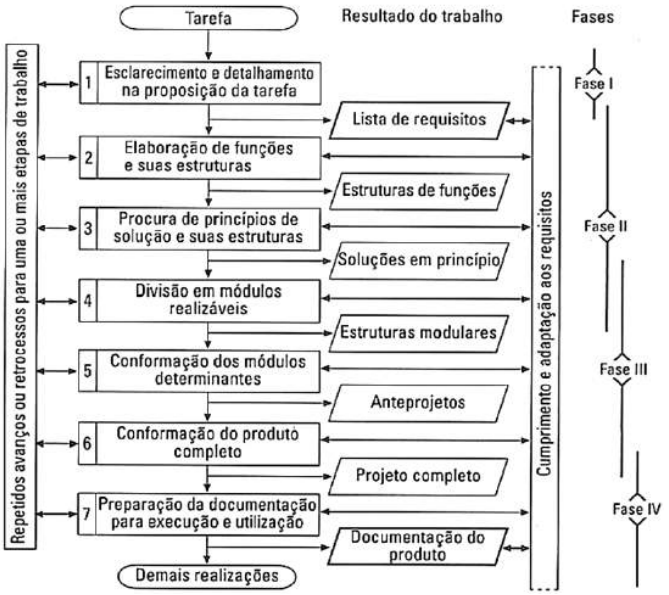



Figura 2. Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto
(Fonte: Adaptado de Pahl e Beitz, 2005)

Desta forma o desenvolvimento do objeto deste estudo foi efetuado seguindo a metodologia de projeto descrito por Pahl e Beitz (2005). A seleção da metodologia considerou a proposta sistemática das fases iniciais, sendo selecionada a metodologia de Pahl e Beitz, por apresentar atividades relevantes ao esclarecimento da tarefa, gerando conceitos possíveis de projeto para a problemática deste estudo. A utilização de um método de projeto é relevante, pois proporciona o planejamento, a análise de ferramentas e processos, métodos e configuração otimizada de sistemas complexos (PAHL E BEITZ, 2005).

O produto a ser desenvolvido é um sistema compatível à utilização de métodos de projeto e desenvolvimento de produto. O projeto será desenvolvido a partir das quatro fases já mencionadas, abordando somente as Fases de Planejamento e Concepção. Sendo assim, o mesmo apresentará uma possível solução para o objetivo traçado, que é projetar o conceito de um sistema de tratamento de ar voltado a salas cirúrgicas especializadas, garantindo a qualidade do ar, dentro dos padrões estabelecidos.

### 2.1 Fase de Planejamento

Pahl e Beitz (2005) caracteriza a primeira fase pela elaboração da lista de requisitos do produto, contendo aspectos relativos à funcionalidade e desempenho do produto além de prazos e custos. Tais requisitos são classificados em exigências e desejos norteando a tomada de decisões nas características do projeto. Para elaborar a lista de requisitos primeiro fez-se o esclarecimento da tarefa, onde faz-se levantamentos e questionamentos pertinentes ao projeto, no intuito de tomar dimensão do projeto.

Posteriormente foi estruturada e elaborada a lista de especificação da tarefa do projeto. As informações oriundas do levantamento das necessidades de projeto foram classificadas e transformadas em requisitos no formato de itens, e na sequência classificados em requisitos desejáveis ou obrigatórios.

Nesta etapa em que se define a busca das especificações do projeto, foram levadas em consideração principalmente as normas reguladoras, e a experiência profissional de cada um dos integrantes do grupo.

A partir da primeira atividade de esclarecimento da tarefa, foi possível a elaboração da lista de requisitos, com o auxílio da linha mestra que também foi tecida partindo das informações recolhidas. No Quadro 1 encontra-se o resultado obtido da elaboração da lista de requisitos.

| LINHA MESTRA | D/E | REQUISITOS |
|---|---|---|
| Filtragem | E | Filtros que retenha partículas as de acordo com as necessidades em cada estágio |
| | D | Lavável |
| | D | De fácil remoção |
| Troca de Calor | E | Ter capacidade de atender a carga térmica necessária para resfriar o ar |
| | E | Ter capacidade de atender a carga térmica necessária para aquecer o ar |
| | D | Utilize refrigerante secundário |
| | D | Faça parte da linha de produção dos fornecedores |
| Ventilador | E | Ter pressão suficiente para vencer as perdas de cagas solicitadas pelos equipamentos e filtros |
| | D | Formato que minimize o acúmulo de sujeiras na pás ou turbina |
| | D | Baixo ruído |
| 8Distribuição | E | Dutos de insuflamento com vedação adequada para impedir vazamentos ou infiltração de ar |
| | E | Dutos de insuflamento com isolamento térmico com capacidade de evitar condensação da umidade relativa do ar em seu entorno |
| | E | Dutos de retorno com vedação adequada para impedir infiltração de ar |
| | E | Dutos de renovação com vedação adequada para impedir vazamentos ou infiltração |
| | D | Dutos lisos que facilite o escoamento do ar evitando acumulo de poeiras e detritos |
| | D | Dutos que possuam bactericidas em sua composição |
| Insuflamento | E | Insuflar o ar com as velocidade adequadas, evitando corretes e ruidos excessivos |
| | E | Com formato adequados para ciar fluxo laminar na sala cirúrgica |
| | D | Façam parte da linha de produção dos fornecedores |
| Retorno | E | Area efetiva com capacidade de evitar velocidades e ruidos excessivos |
| | E | Com formato adequados para encaixar nos dutos de retorno |
| | D | Material resistente a oxidação |
| Normas | E | Seguir as orientação da NBR 16401/2008 |
| | E | Seguir as orientação da NBR 07256/2005 |
| | E | Seguir as orientação da RDC nº 50 |
| | E | Seguir as orientação da RE nº 9 (ANVISA) |
| Custos | D | Os equipamentos selecionados devem ter um custo dentro da realidade econômica de cada estabelecimento |

Quadro 1. Lista de Requisitos
(Fonte: Autor)

Ressalta-se a importância da técnica da linha mestra neste momento das atividades para definição da lista de requisitos. Com a definição da lista de requisitos foi possível esclarecer tecnicamente esta fase e sistematizar de modo detalhado a estrutura de funções compreendidas na fase de concepção da metodologia utilizada.

## 2.2 Fase de Concepção

Com a primeira fase concluída buscou-se identificar os principais problemas relacionados ao tratamento de ar. Segundo Pahl e Beitz (2005) nesta etapa declara-se a função do sistema sem tratar diretamente de soluções e como as mesmas serão obtidas. Para Back et al. (2008), a função global é definida como sendo uma relação entre causa e efeito das grandezas de entrada e saída. Para Pahl e Beitz (2005), uma função pode ser entendida como uma relação entre entrada e saída do sistema técnico com o propósito de realizar uma determinada tarefa. Nesse processo, energia, material e sinal são transferidos e/ou modificados.

Na fase de concepção o objetivo é encontrar uma variante de solução preliminar para prosseguir com o desenvolvimento. Utiliza-se a abstração para determinação da função global seguindo 5 etapas:

1ª e 2ª etapas: vontades suprimidas e requisitos mais importantes considerados, sendo eles:

- Sistema que suporte as demandas exigidas; Filtros eficientes, laváveis, e fácil remoção; Capacidade térmica para resfriar e aquecer o ar; Ventilador de formato e força adequado; Distribuição e retorno com vasão suficientes.

3ª etapa: dados quantitativos são convertidos em qualitativos, resultando em:

- Troca de componentes facilitada; Precisão no ciclo de tratamento do ar; Diferentes capacidades para troca de calor.

4ª etapa: nesta etapa amplia-se o que é importante, dessa forma tem-se:

- Precisão funcional; Tratamento total do ar; Manutenção Simples.

5ª etapa: tem-se a formulação do problema:

- Tratamento do ar.

Neste estudo (Figura 3), a entrada de material representa o ar do ambiente sem qualquer tratamento. No núcleo tem-se a formulação do problema gerado a partir da abstração, que é o tratamento do ar. Como saída tem-se o ar tratado com as correções necessárias para a perfeita qualidade e utilização nas salas cirúrgicas. O resultado desse processo é a função global do sistema.

Figura 3. Função global
(Fonte: Autor)

De acordo com Pahl e Beitz (2005) dependendo da complexidade da tarefa a ser solucionada a função global deve ser desdobrada em sub funções de menor complexidade. Posteriormente à definição da função global (Figura 3) é elaborada uma lista com funções e sub funções a serem desenvolvidas. Com o intuito de fazer com que as soluções atendam aos requisitos de projeto, os problemas foram convertidos em sub tarefas concretas, englobando uma tomada de decisões posteriormente. Sobre essa ótica as sub funções foram estabelecidas seguindo os requisitos apresentados pelo sistema. O atendimento de cada sub função contribui para complementar a função global e auxiliar na busca de possíveis variantes de soluções.

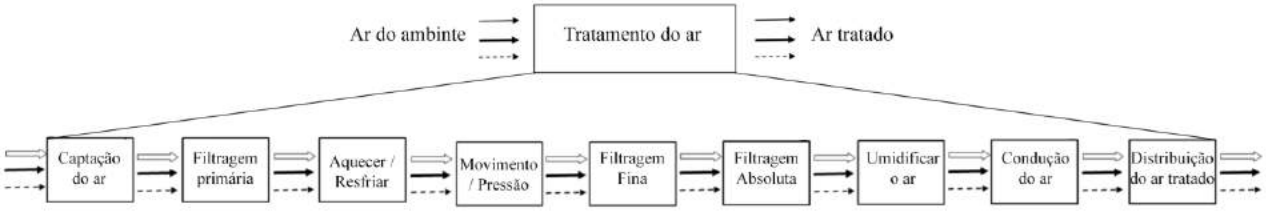



Figura 4. Estrutura de funções
(Fonte: Autor)

Partindo das sub funções e suas respectivas descrições, onde foi levantado alguns princípios de funcionamento dos produtos disponíveis no mercado para a elaboração de sistemas de tratamento de ar, foi gerado a matriz morfológica, que tem a função de apresentar possíveis formas de solução para cada problema do equipamento. Na combinação sistemática de princípios de elucidação, na qual constam a sub função/função a serem satisfeitas, e seus princípios de solução descobertos.

A partir dessa matriz procura-se definir um número de soluções possíveis para o sistema. Havendo a reunião de todas as variantes pode-se melhorar o todo, beneficiando o processo de solução. Para a realização desta matriz focou-se no princípio de melhor solução para cada etapa prevista pela metodologia de projeto, encontrando assim possibilidades reais de se atender a lista de requisitos proposta.

Após a identificação das soluções para as funções principais do equipamento foi necessária uma avaliação minuciosa para que a escolha seja feita corretamente. Através de uma lista de seleção esboça-se a capacidade de solução que cada princípio possui. Neste caso específico foram estabelecidos os seguintes critérios para análise:

- Há conformidade com a lista de requisitos?
- Satisfaz as necessidades do ambiente?
- Atende a requisitos de Segurança?
- Pode ser implantada facilmente?
- Custo reduzido para execução?

As variantes de solução descritas foram colocadas num quadro para escolha das que mais se enquadram no projeto. Elas devem satisfazer alguns critérios de análise citados acima. Nem todos os princípios de solução satisfazem todas as exigências propostas. Assim, busca-se as mais adequadas para corrigir os problemas do equipamento. O quadro indicou as possíveis soluções encontradas e quais se adaptam melhor ao projeto.

## 3. RESULTADOS

Os resultados seguintes compreendem as saídas das atividades propostas pela metodologia de Pahl e Beitz na primeira e segunda fase. O sistema de tratamento de ar que foi proveniente da metodologia propõe o seguinte conjunto, que é retratado pela Figura 5. Para a captação do ar (1) o sistema conta com dutos de chapas de aço galvanizadas que apresentaram melhor custo benefício. Já para a filtragem grossa (2) foi indicado o uso de filtros planos de fibras sintéticas de manta recuperável, como especificado nos requisitos, para essa filtragem é preferível filtros laváveis pelo custo de manutenção.

No Resfriamento e aquecimento (3) será utilizado evaporadores sem ciclo reverso o qual tem a função de resfriar o ar. Na movimentação e pressurização (4) o ventilador selecionado foi o centrifugo *limit load*. Na etapa de filtragem fina (5) o filtro é o fabricado com fibras sintéticas tipo bolsas descartáveis com uma ótima capacidade de acumulação de pó. Durante a filtragem absoluta (6) os filtros plissados em papel de microfibra de vidro, com moldura em alumínio, chapa galvanizada, aço inox ou MDF com selador na forma em cunha foi selecionado pois permite maior área de filtragem.

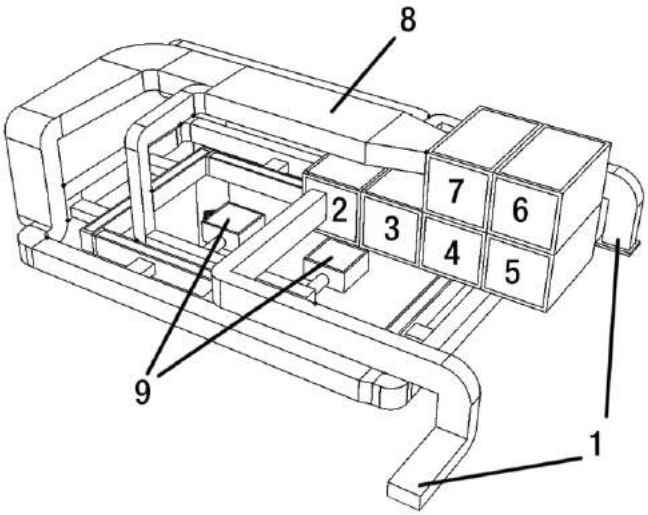



Figura 5. Perspectiva da Concepção Final
(Fonte: Autor)

Quanto a umidificação do ar (7) a injeção de micro gotículas de água através de aspersor pressurizado foi selecionada por não precisar de um sistema de vaporização. Para a condução do ar (8) até o local é feita através de dutos confeccionados com chapas de aço galvanizado com o critério de custo benefício. A distribuição do ar (9) é feita pelo difusor linear fabricado com chapas galvanizadas com pintura em epóxi também selecionado pelo custo benefício.

## 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho adotou-se a metodologia de projeto proposta pelos autores Pahl e Beitz buscando atender os seguintes objetivos: desenvolver um conceito, para um sistema de tratamento de ar, a fim de solucionar problemas relacionados com a qualidade do ar tratado; utilizando o auxílio de uma metodologia projetual; apresentar soluções corretivas para os problemas detectados. Os problemas apresentados pelo sistema são provavelmente advindos da má escolha dos filtros, falta de manutenção e imperfeições na execução do projeto original. As análises consideraram os sintomas apresentados pelo sistema de tratamento de ar mediante projetos anteriores e significativa experiência de anos no desenvolvimento e acompanhamento de produtos.

A utilização de metodologia projetual gerou informações valiosas presentes na lista de requisitos e nas variantes de soluções capazes de auxiliarem na execução do sistema mais apropriado. As proposições de adequações oriundas da solução escolhida baseiam-se no conhecimento de sistemas existentes. Desta forma, os objetivos propostos por este estudo foram atendidos. O conceito do sistema de tratamento apresenta alternativas para esse tipo de sistema. A metodologia projetual possibilitou evitar de ideias fixas e práticas rotineiras sem uma avaliação criteriosa dos fenômenos físicos que a boa técnica recomenda e possam passar despercebidos no cotidiano, se tornando essencial para o desenvolvimento do estudo.

## 5. REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro. 2008.

LIMBERGER, V.; CORBELLINI, V., Avaliação da qualidade do ar de um centro cirúrgico de um hospital do sul do Brazil. Journal of Publich Health. Vol. 18, n. 3, 2016.

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N., Princípios de Termodinâmica para Engenharia. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEM, J.; GROTE, K. H., Projeto na Engenharia. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

VON, D.; BRITO, D.; SOUZA, G.; MELO, G.; GONTIJO, F., Air contamination levels in operating rooms during surgery of total hip and total knee arthroplasty, hemiarthroplasty and osteosynthesis in the surgical center of a Brazilian hospital. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. Vol. 43, n. 5, 2010.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROJETO DE ESTRUTURAS PARA BARRAS DE PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA DE GRANDE PORTE

**Állex Sander Cappellari**
**Márcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Junior**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
110739@upf.br; mwalber@upf.br; agenor@upf.br

**Resumo.** O desenvolvimento de barras de pulverização tem sido um fator de grande importância nas indústrias de máquinas agrícolas, com demanda barras cada vez maiores, para maximização da produtividade e minimização das perdas. Barras de pulverização possuem a função de portar e posicionar o bico de aplicação de defensivos líquidos em uma faixa de trabalho específica, normalmente, são estruturas esbeltas de grandes dimensões, com baixa rigidez e consequentemente, baixas frequências naturais, logo, em condições normais de trabalho ocorrem efeitos dinâmicos e maximizam a probabilidade de fadiga. O presente trabalho busca através das metodologias de desenvolvimento de produtos determinar um procedimento de projeto de estruturas para barras de pulverização, com abordagem numérica experimental, por meio de avaliações parciais sequenciais, avaliando efeitos dinâmicos e fenômenos de fadiga, definindo as melhores soluções parciais e gradativamente desenvolvendo o produto final com boa eficiência estrutural. Será utilizada como base a metodologia dos autores Pahl & Beitz chega-se uma possível Variante de Solução que pode ser usada em projeto, provindo de uma matriz morfológica, e então, a um primeiro esboço do produto.

Palavras chave: Estrutura. Barra. Pulverização. Dinâmica. Fadiga.

## 1. INTRODUÇÃO

Historicamente, equipamentos agrícolas eram tratados como arcaicos e robustos. Nos últimos anos, este paradigma foi superado pela evolução tecnológica aplicada a produtos. Segundo Casali (2015) o Brasil destaca-se mundialmente na produção de alimentos no meio agrícola. A área cultivada de cereais, hortaliças e Leguminosas em 2013 foi de aproximadamente 52,7 milhões de hectares. O que gerou um resultado produtivo de 187 milhões de toneladas, sendo que em 2015 o resultado produtivo registrado no país foi de 199,7 milhões de toneladas. Ainda segundo Casali, para garantir um aumento gradativo de produtividade cada vez mais estão sendo adotadas novas tecnologias, buscando maiores eficiências no processos e junto a isso, está inserida a prática de pulverização de agrotóxicos, com maior qualidade e eficiência. Como papel fundamental de garantir que as culturas apresentem o máximo potencial genético e obtenham elevadas produtividades. O Brasil considerado um dos maiores produtores de grãos do mundo, também é considerado o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Tais fatores proporcionam uma crescente demanda de soluções eficientes no mercado de máquinas e implementos agrícolas.

Pulverizadores são equipamentos capazes dissipar líquidos em pequenos fragmentos de modo a atomizar e distribuir gotas de defensivos sobre as cultivares. As estruturas de barras de pulverização possuem a função de sustentar e posicionar os bicos de pulverização em determinada faixa de trabalho, com isso seu tamanho é diretamente proporcional ao alcance dos defensivos, logo a atreladas a capacidade produtiva do equipamento.

Especificamente, em estruturas de barras de pulverizadores, os avanços tecnológicos resumem-se no aumento da eficiência estrutural, a fim de proporcionar melhora das qualidades funcionais como, barras maiores para aumento da produtividade e minimização de perdas, da mesma forma, a leveza do conjunto evita a excessiva compactação de solo.

Para tanto, o presente trabalho busca um procedimento para desenvolvimento de estruturas de barras de pulverização, baseado na metodologia de projeto proposta por Pahl e Beitz, no qual avalie-se a resposta dinâmica e realize-se previsões de vida em fadiga. Por meio de abordagens numéricas e experimentais aplicadas ainda na etapa de definição dos conceitos globais da geometria, avaliando a eficiência estrutural dos componentes, para posterior desenvolvimento do modelo completo por meio de integração CAD e CAE, com verificação do comportamento dinâmico da estrutura por meio de análises de vibrações aleatórias. Utilizando a resposta de tensões amplificadas dinamicamente para seleção e dimensionamento do tipo de união a ser aplicada à estrutura, na qual, serão ponderados fatores econômicos e níveis de resistência a fadiga necessários para atendimento das condições de trabalho. Posteriormente, avaliações experimentais proporcionarão validação da previsão da vida em fadiga

## 2. DESCRIÇÃO GERAL DOS PULVERIZADORES

Pulverizadores são equipamentos capazes dissipar líquidos em pequenos fragmentos de modo a atomizar e distribuir gotas de defensivos sobre as cultivares. Para tanto é necessário um apanhado de componentes, como o reservatório de calda, responsável por armazenar a mistura de defensivos líquidos até o momento da pulverização. Para isso, um sistema de bomba hidráulica pressuriza o fluido por condutores denominados por linhas de pulverização. Algumas válvulas de controle de pressão, abertura e fechamento de fluxo também são empregadas junto a estes dutos. As linhas de pulverização transportam os fluídos sob determinada pressão e vazão até os bicos de pulverização, os responsáveis pela atomização e distribuição das gotas.

A função da barra de pulverização é sustentar a linha de pulverização e portar os bicos, posicionando-os com estabilidade em uma determinada faixa de trabalho. A capacidade produtiva de um pulverizador é diretamente relacionada a largura das barras que determina o alcance dos defensivos. Sendo que a capacidade de um pulverizador de barras é definida através da largura útil e da velocidade de trabalho que determinam a área máxima a ser pulverizada por unidade de tempo.

Estruturas de barras de pulverização são conjuntos esbeltos de grandes dimensões, assemelhando-se a uma estrutura formada por treliças. Como característica possuem baixa rigidez, apresentam frequências naturais relativamente baixas, logo, possuem forte probabilidade de ocorrência de efeitos dinâmicos durante sua utilização.

A Figura 1 apresenta alguns exemplos de barras de pulverização comerciais.

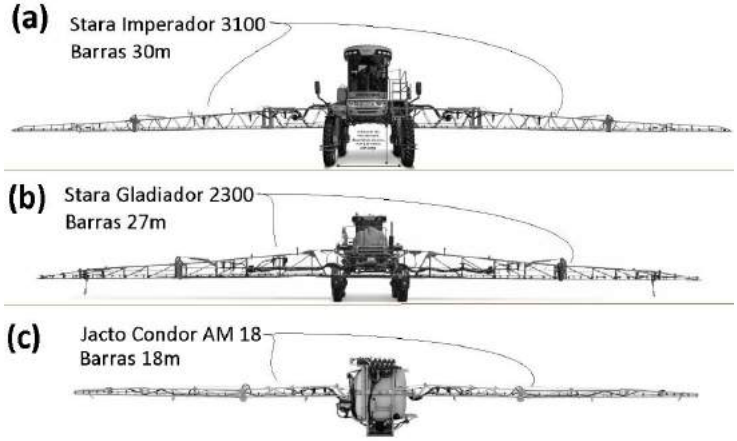



Figura 1. Modelos comerciais de pulverizadores de barras: (a) Stara- Imperador 3100; (b) Stara- Gladiador 2300; (c) Jacto –Condor AM 18;
Fonte: Adaptado por Autor

A Figura 2 apresenta um modelo comercial de pulverizador autopropelido com barras centrais, o Imperador 3.0 da marca Stara S/a.

Figura 2. Pulverizador autopropelido Imperador 3.0 Stara S/a.
Fonte: Prospecto Imperador 3.0, disponível em <www.stara.com.br>

## 3. VIBRAÇÕES

O principal objetivo do presente estudo é o desenvolvimento da estrutura de barra de pulverização, as quais usualmente apresentam fenômenos de vibrações em função de sua esbeltes estrutural. Além disso, muitas vezes à amplificação dinâmica é a causa raiz de falhas estruturais.

Para Thomson (1978), as vibrações caracterizam-se por movimentos oscilatórios de corpos e as forças associadas a eles, todos os corpos que possuem massa e elasticidade são capazes de vibrar. Verifica-se que a amplitude não dimensional $Xk/F_0$ e a fase $\emptyset$ são funções somente da razão de frequências $\omega/\omega_n$ e do fator de amortecimento $\zeta$.

Tanto a inércia, quanto as forças de amortecimento são baixas para valores de $\omega/\omega_n$ muito menores que um. Condição em que solução se aproxima da estática, com amplificação dinâmica tendendo a um, resultando em pequeno ângulo de fase.

Características essas representadas graficamente na Figura 3, as curvas da Figura mostram claramente que o fator de amortecimento possui grande influência na amplitude e no ângulo de fase, na zona de frequências próximas a ressonância.

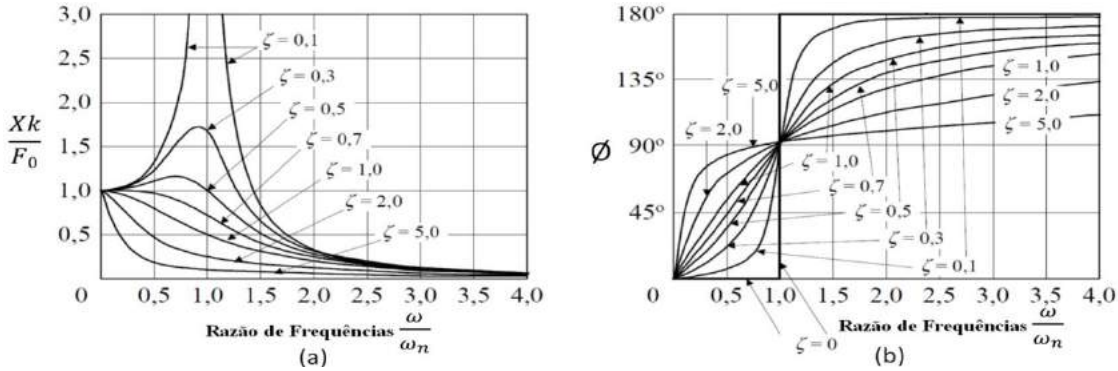



Figura 3. Gráfico de amplificação dinâmica e ângulo de fase
Fonte: RAO, S. S. 2011. Adaptado por autor.

## 4. ELEMENTOS FINITOS

Conforme Alves Filho (2013), diariamente, nas atividades de engenharia, têm-se problemas técnicos, alguns mais simples, outros mais complexos, porém todos com a necessidade de solução. Para isso, usa-se um verdadeiro arsenal de fórmulas, tabelas e simplificações. Define-se o Método dos Elementos Finitos como um método aproximado de cálculo de sistemas contínuos a estrutura ou o corpo contínuo é subdividido em um número finito de partes, chamadas de elementos conectados entre si através dos nós. E o comportamento do modelo matemático é definido por um número finito de parâmetros, estes estão diretamente ligados à montagem de elementos. Especificamente, para análise estrutural os deslocamentos nodais, são as incógnitas para o problema.

Segundo Alves Filho (2008), para as análises dinâmicas, também conhecidas como transientes, mantém-se as atribuições básicas da estática, porém é necessário considerar alguns aspectos adicionais. Pois, todas as massas do sistema vibram forçadamente, sujeitas a forças de inércia. Analisando um único elemento, como demonstrado na Figura 4, representamos a força de inércia nessa massa juntamente com esforços do restante da estrutura. A estrutura possui infinitas massas elementares, cada infinitésimo de massa está sujeito a forças de inércia estas solicitam a estrutura.

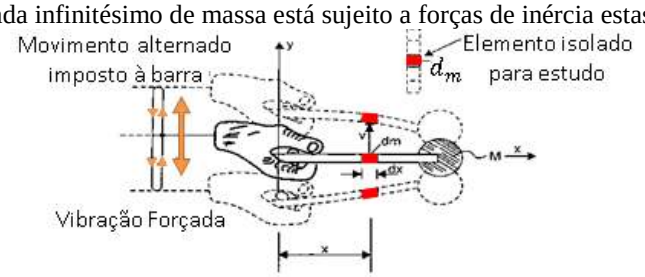



Figura 4. Barra forçada a vibrar
Fonte: ALVES FILHO, Avelino., 2008. Adaptado por autor.

## 5. PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Além da teoria dos comportamentos físicos das estruturas e conceitos funcionais dos mecanismos a serem desenvolvidos, para um correto desenvolvimento de projetos mecânicos é essencial que seja realizada a utilização de metodologias de projeto, para organização das atividades e seleções a serem desenvolvidas.

Segundo Pahl et al. (2005) metodologia de projeto, define-se com um procedimento planejado com definições concretas de passos a serem seguidos e observados. Defendem que seleções de tipos de soluções devem ser realizada com base em critérios previamente definidos. Logo obtêm-se combinação de soluções mais viáveis ao projeto maximizando as chances de sucesso.

Afirma-se que as etapas do projeto para desenvolvimento de produto de modo genérico são divididas em quatro fases principais, a primeira fase é a definição da tarefa, a qual inicia pela definição das necessidades dos clientes ou pelos os requisitos do produto. A segunda fase é o projeto conceitual no qual, constituem-se possibilidades de soluções, integrando os diferentes princípios, constituindo alternativas de soluções. A terceira fase é o projeto preliminar, nesta

desenvolve-se as formas do produto, montada através das melhores alternativas de soluções definidas nas fases anteriores. Já na quarta fase desenvolve-se o projeto detalhado.

## 6. METODOLOGIA

O procedimento proposto é dividido em cinco etapas, inicia com a determinação dos dados de entrada, nessa são definidas as diretrizes do projeto. No segundo momento, serão realizadas avaliações globais para verificação da eficiência estrutural de diferentes concepções estruturais. Após, serão efetuadas avaliações locais para dimensionamento numérico de uniões e determinação experimental dos limites de resistência a fadiga destas. Com isso, é possível o desenvolvimento da avaliação numérica completa com verificação da resposta dinâmica e verificação da vida em fadiga dos componentes. Posteriormente, será efetivada a validação experimental da previsão da vida em Fadiga.

Toda e qualquer atividade de desenvolvimento deve iniciar na definição dos objetivos finais. No caso de projetos mecânicos comumente apresentam objetivos complexos, dos quais possuem diversas possibilidades de soluções, e desenvolvimento. Sendo que a escolha da solução ótima é uma tarefa extremamente complexa.

Para desenvolvimento da lista de requisitos especificando os aspectos qualitativos e quantitativos buscados pelo projeto é utilizada a técnica da linha mestra disponibilizada por Pahl et al. (2005). A lista de requisitos define as características comerciais e funcionais necessárias para garantir competitividade de mercado ao produto.

Após a definição da lista de requisitos inicia-se o projeto conceitual da estrutura da barra de pulverização, o primeiro passo da segunda fase é definida a função global. A qual, é apresentada pela Figura 5.

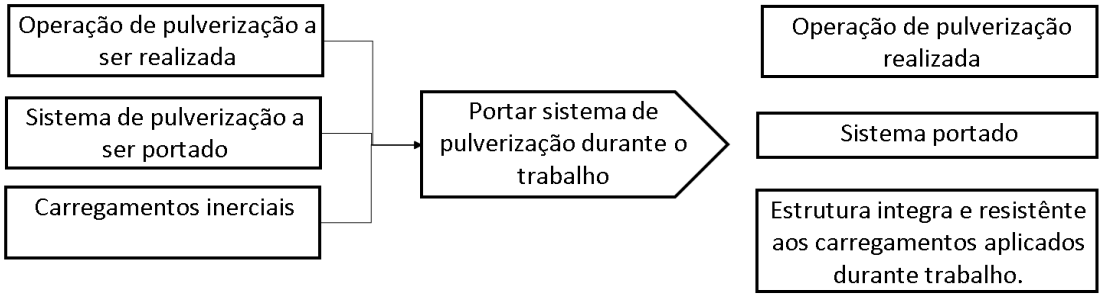



Figura 5. Função Global
Fonte: Autor

Embora objetiva, a função global é complexa de ser solucionada de forma integra. Para tanto subdivide-se a função global em sub funções que permitam apontar soluções diversas. Dentre as quais, combinadas formem a solução macro.

Para um projeto completo de barras de pulverização é necessário desenvolver os mecanismos funcionais, adequação as condições específicas de cada condição de trabalho. No entanto, o presente estudo limita-se ao procedimento para desenvolvimento de estruturas de barras de pulverização desenvolvidas por meio de avalições numéricas buscando a estrutura ótima com maior eficiência, maior largura útil, maior rigidez e menor massa possível.

Com isso, é possível estabelecer uma segunda estrutura de funções, neste caso específica para desenvolvimento das estruturas. Apresentada pela Figura 6.

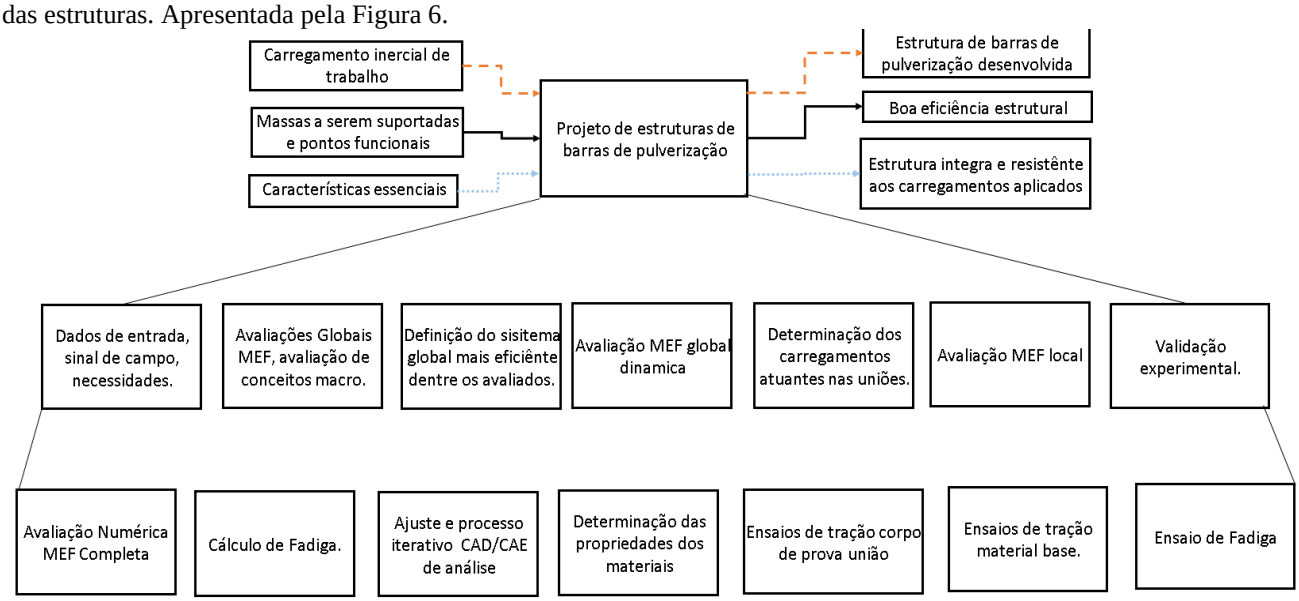



Figura 6. Estrutura de Funções para Desenvolvimento da Estrutura da Barra de Pulverização
Fonte: Autor

A Figura 6 apresenta as sub funções em primeiro nível, contendo os processos básicos para dimensionamento de estruturas de barras de pulverização. Estas por sua vez subsidiam a elaboração da lista de concepções alternativas para cada tarefa, destas apenas a mais viável é selecionada.

## 3 RESULTADOS

Sabendo que, o objetivo do projeto é determinar um procedimento de desenvolvimento de estruturas de barras de pulverização baseado em simulações virtuais. A parte estrutural é enfatizada no planejamento, porém, é indispensável a anterior definição das características construtivas principais e os esforços os quais o produto será submetido. Com isso, a primeira fase da metodologia de projeto utilizada para constituir a lista de pré-requisitos, nesta o projeto é tratado de forma global, determinando as características macro principais. Com isso, define-se a função global do projeto.

Com base na função global, desenvolve-se a estrutura de funções, desde a função de aplicar defensivos na lavoura, até manter a integridade dos componentes após condições de trabalho. Como Busca-se apenas o desenvolvimento da estrutura da barra de pulverização, é desenvolvida uma segunda estrutura de funções, partindo das condições de contorno até a validação estrutural do conjunto desenvolvido. Após, constituir a matriz morfológica, fica explicito que uma solução pode ser ideal para um cenário, mas incoerente para outro. Por isso a avaliação das alternativas são realizadas através da lista de seleções, na qual é necessário que sejam definidos os critérios de avaliação especificados conforme necessidade do projeto, O desenvolvimento do projeto inicia com a determinação dos dados de entrada e definição das condições de contorno a serem atendidas pelo projeto. Com isso segue-se para o processo iterativo de desenvolvimento, que é iniciado com a seleção do conceito de estrutura a ser desenvolvida.

Tendo o modelo de estrutura selecionado inicia-se a simulação MEF dinâmica, desta avaliação extraem-se os esforços das uniões, com isso se inicia o dimensionamento local destas. Para tanto o dimensionamento das juntas é dado por meio de um modelo de simulação MEF estático com abordagem local.

Posteriormente, tendo a estrutura pré-dimensionada e desenvolvidas por meio de análises simplificadas, constitui-se uma análise detalhada da estrutura. A mesma fornece subsídios para o cálculo de fadiga. Com isso, a estrutura pode ser aprovada ou necessitar de ajustes por meio de um processo iterativo CAD/CAE. Para tanto serão adotados os conceitos de avaliação numérica utilizados por Ponteli (2016) em sua dissertação Estimativa da vida em fadiga através de análise dinâmica global-local no domínio da frequência, bem como os conceitos apresentados por Reis (2013) em sua dissertação Estimativa da vida em fadiga de componentes submetidos a solicitações aleatórias.

A Figura 7 apresenta um fluxograma resumo do procedimento proposto.

Figura 7. Fluxograma para desenvolvimento de estruturas de barras de pulverização.
Fonte: Autor

## 7. CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho é determinar um procedimento para desenvolvimento de estruturas de barras de pulverização baseado em simulações virtuais, para tanto utilizou-se a metodologia de projeto proposta por Pahl & Beitz para realizar o planejamento do desenvolvimento do produto. Com isso, foi possível definir as informações de entrada ao processo de desenvolvimento que devem ser definidas previamente e a sequência de desenvolvimento a ser seguida bem como os parâmetros e critérios a serem avaliados nas seleções de soluções.

Desta forma determina-se um procedimento de desenvolvimento iniciado na obtenção dos dados de entrada necessários, partindo para avaliações numéricas globais simplificadas de forma a definir os melhores conceitos globais a serem utilizados, avaliando suas eficiências estruturais, e determinando os carregamentos locais das uniões.

Posteriormente, são realizados processos para desenvolvimento de uniões desta vez, tratadas localmente e isoladas do restante do produto. Para tanto será necessário à realização de ensaios para determinação das curvas de limite a fadiga. Partindo então para avaliação de um modelo de detalhamento completo, buscando validar as simplificações adotadas e desenvolvimento de melhorias por processos iterativos caso necessário. Para depois realizar a fabricação de protótipos e realizar testes de integridade estrutural sob condições críticas de trabalho, assim validando o procedimento utilizado.

Com isso, define-se o fluxograma para o procedimento de desenvolvimento a ser realizado. Possibilitando um projeto de forma ordenada, maximizando as chances de bons resultados por meio da utilização de metodologias de projeto, o que proporciona uma sequência lógica de desenvolvimento com descrições embasadas em argumentos técnicos. Restando como próximo passo a implementação da metodologia de engenharia simultânea neste procedimento proposto, com intuito de reduzir o intervalo de tempo necessário para desenvolvimento do projeto.

## 8. REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, Avelino. Elementos Finitos: a base da tecnologia CAE / Análise dinâmica., Avelino Alves Filho. 2.ed, São Paulo: Érica, 2008. 302p.

ALVES FILHO, Avelino. Elementos Finitos: a base da tecnologia CAE / Análise estética., Avelino Alves Filho. 2.ed, São Paulo: Érica, 2013. 298p.

ANDRÉ, L.C. Caracterização, avaliação e classificação dos pulverizadores autopropelidos produzidos no Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2015.

JACTO, Maquinas agrícolas Jacto Prospecto pulverizador de hidráulico Condor AM.18., Disponível em: <www.jacto.com.br>. Acesso em 03/2018;

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEM, jörg; GROTE, Karl H. Projeto na Engenharia. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

PONTELLI, C.O. Estimativa da vida em fadiga através de análise dinâmica global-local no domínio da frequência. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – PROMEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2016.

REIS, C.G. Estimativa da vida em fadiga de componentes submetidos a solicitações aleatórias. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – PROMEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2013.

STARA, Indústria de máquinas agrícolas Prospecto pulverizador autopropelido Imperador 3.0., Disponível em: <www.Stara.com.br>. Acesso em 03/2018;

SHIGLEY, Joseph E. Projeto de engenharia mecânica, Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Richard G. Budynas; trad. João Batista de Aguiar, José Manuel de Aguiar. 7.ed, Porto Alegre: Bookman, 2005. 960p.

THOMSON, William T. Teoria da Vibração com aplicações, Willian T. Thomson;. Tradução de Cássio Sigaud. – Rio de Janeiro: Interciência, 1978. 468p.

## 9. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DETERMINACIÓN DE SEGMENTO DE MERCADO DE CONSUMIDORES DE MOTOS ELÉCTRICAS DE UTILIZACIÓN URBANA

**Gilberto Matias Ruffato**
Universidade Federal da Fronteira Sul - Chapecó
gilberto.ruffato@uffs.edu.br

**Débora Regina Schneider Locatelli**
Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim
debora.locatelli@uffs.edu.br

***Resumo.*** *Aunque no son bien conocidos los impactos causados por los contaminantes emitidos por la quema de combustibles, pero las investigaciones han demostrado inesperados y no deseadas noticias. Este artículo es un recorte de un estudio mayor sobre la segmentación para coches y motos eléctricas en la ciudad de Chapecó-SC. El objetivo de este artículo es determinar el segmento de mercado de consumidores para motocicletas eléctricas para uso en el ambiente urbano de la ciudad de Chapecó-SC a partir del conocimiento del perfil de usuario de motocicletas y scooters con una potencia máxima de motor de 150 cilindradas. La recolección aclara un posible segmento y donde las oportunidades de mercado pueden surgir. Los objetivos específicos fueron: llevar a cabo la investigación con los usuarios de motocicletas en la ciudad de Chapecó-SC tratando de aumentar la información básica para determinar el segmento de mercado de los consumidores de motocicletas eléctricas para uso urbano; determinar las características del segmento de los consumidores de motocicletas eléctricas en la ciudad de Chapecó-SC e estimar el tamaño (potencial) del mercado de motocicletas eléctricas para su uso en las zonas urbanas ciudad de Chapecó-SC. La metodología utilizada fue la investigación descriptiva, con aplicación de cuestionario para 42 usuarios de motos. Los resultados demuestran la existencia de un mercado con una aceptación potencial del 60% de los encuestados.*

***Palavras-chaves:*** *vehículos eléctricos, motos, segmentación*

## 1. INTRODUCCIÓN

Aunque no son bien conocidos los impactos causados por los contaminantes emitidos por la quema de combustibles, pero las investigaciones han demostrado inesperados y no deseadas noticias. Sin embargo, otro estudio muestra que el uso de vehículos eléctricos, tales como autobuses, coches y motos, reducirá considerablemente los contaminantes y el ruido y, en seguida, un efecto beneficioso sobre la salud de las personas en las principales ciudades brasileñas (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2007a).

El vehículo eléctrico movido a batería (VE) es una solución rápida y económicamente viable para disminuir la emisión de gas carbónico y substancias contaminantes oriundas de la quema de combustibles fósiles, una vez que son considerados de emisión nula y existe tecnología disponible comercialmente para la producción de tales coches y motos (PERES; NOGUEIRA; TORRES, 2000). Los datos de ABRACICLO muestran que en Brasil se comercializaron un total de 1006 unidades de motocicletas eléctricas entre los años 2012 a 2017, pero la mayor parte de ellas fueron en los años 2012 y 2013 respectivamente con 420 y 346 unidades, lo que representó 0,03% y el 0,02% del total de motocicletas comercializadas cada año. Entre los años 2014 a 2017 las ventas fueron respectivamente de 62, 41, 76 y 61 unidades, representando un máximo del 0,01% de las ventas cada año.

La tasa de ocupación de los coches que es el número de personas que están dentro juntas circulando es un factor que merece atención, pues como es comprobado por medio de estudios que la gran mayoría de los coches circula con un número muy pequeño de personas, habiendo lugar en el mercado para una moto o un coche de uso para solamente dos personas. La falta de información sobre el segmento de mercado e incluso la falta de determinación de usuarios de coche eléctrico urbano, se constituye en problemas en caso de cualquier acción que desea llevar a cabo para el mercado, por lo que este estudio se propone determinar el segmento de mercado de consumidores potenciales de motos eléctricas para uso en el medio urbano en la ciudad de Chapecó-SC. Para esta tarea se definirán los objetivos generales y específicos de este estudio y también la metodología que se utilizó para la recopilación, procesamiento y análisis de datos tratando de determinar el segmento de mercado.

Los datos aquí presentados forman parte de un estudio más grande, que envolvía coches y motos. Así, el objetivo de este artículo es determinar el segmento de mercado de consumidores para motocicletas eléctricas para uso en el ambiente urbano de la ciudad de Chapecó-SC a partir del conocimiento del perfil de usuario de motocicletas y scooters con una potencia máxima de motor de 150 cilindradas. La recolección aclara un posible segmento y donde las oportunidades de mercado pueden surgir.

Para alcanzar el objetivo general del presente estudio se utilizaron tres objetivos específicos que fueron: llevar a cabo la investigación con los usuarios de motocicletas en la ciudad de Chapecó-SC tratando de aumentar la información básica para determinar el segmento de mercado de los consumidores de motocicletas eléctricas para uso urbano; determinar las características del segmento de los consumidores de motocicletas eléctricas en la ciudad de Chapecó-SC e estimar el tamaño (potencial) del mercado de motocicletas eléctricas para su uso en las zonas urbanas ciudad de Chapecó-SC.

Según Dias (2003, p. 18) segmentación de mercado es el proceso de compartir mercados en grupos de consumidores potenciales con necesidades o características semejantes que tienen la posibilidad de tener comportamientos de compra semejantes. Como los consumidores no son iguales y sus preferencias aún más diversas para un mismo tipo de producto, hay una complejidad de realidades que deben ser "analizadas, seleccionadas y definidas para que se tenga una buena imagen del perfil de calidad de nuestro mercado potencial". Para Tañski (2003) el conocimiento del mercado y del segmento que se pretende, es fundamental para realizar acciones direccionadas para ese público específico.

La adaptación y la diferenciación del producto ya no son suficientes, por qué la fabricación del producto no termina en la línea de producción o cuando sale de la puerta de la fábrica y sí, que ese producto tiene extensión en la percepción del cliente, en su mente con su creencia, tiene que estar conectado con la mente del consumidor. Por lo tanto, además de saber hacer y saber vender el producto se debe de estar un paso adelante, llegar a la mente del cliente (TAÑSKI, 2003), aprovechar su experiencia, siempre teniendo el cuidado de respetar las creencias y percepciones, buscando atender a un antojo o resolver un problema de ese cliente.

El grupo de vehículos que importa para el estudio, que son las motos, existen en las estadísticas del Departamento de Estado de Tránsito de Santa Catarina (DETRAN-SC) diferenciación en dos categorías, la categoría de motos y de la categoría motoneta. Conforme el Código de Transito Brasileño (CTB, 2008) los conceptos son los siguientes: Motos - automoción vehículo de dos ruedas, con o sin sidecar, impulsado por un motor montado y posición; Motoneta - automoción vehículo de dos ruedas, encabezada por el conductor en una posición sentada. Siempre según Araújo (2008), tanto la moto cuanto la motoneta son las que tienen más de 50 cilindradas con el motor y la capacidad de velocidad superior a 50 km / h. Y los vehículos con dos o tres ruedas que no excedan de un motor de 50 y la capacidad no superior a 50 kilómetros por hora se llaman los ciclomotores.

Tabla 1. Flota de vehículos inscritos en Chapecó-SC con el Detran-SC en el periodo de Dic-02 Mar-08 y Jul-18.

| TIPO | Dic/02 | Dic/03 | Dic/04 | Dic/05 | Dic/06 | Dic/07 | Mar/08 | Var.% | Jul/2018 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4-MOTO | 6430 | 7726 | 8875 | 10275 | 12403 | 14369 | 14841 | **131** | 24.986 |
| 3-MOTONETA | 1372 | 2087 | 2666 | 3387 | 4623 | 5756 | 6044 | **341** | 11.053 |
| **TOTAL** | **7802** | **9813** | **11541** | **13662** | **17026** | **20125** | **20885** | **-** | **36039** |

Fuente: Estadísticas Detran-SC adaptación propia.

Las estadísticas de motos y motonetas mostraron crecimiento muy por arriba de los vehículos en la ciudad de Chapecó-SC. En números absolutos las motos fueron 6.430 en diciembre de 2002 y marzo de 2008, a 14.841, un aumento de 8.411 motos, lo que representa el índice de 131% de aumento por arriba del aumento de vehículos que fue del 65%. En esta categoría se incluyen el desplazamiento más grande de motos. En la categoría de motonetas el crecimiento es mayor que la registrada en la categoría de motos, motonetas en diciembre de 2002 fueron 1.372 y en marzo de 2008 fueron 6.044, con un aumento de 4.672 motonetas y un aumento en términos porcentuales de 341%, superior al de motos y muy por encima de los vehículos.

Conocer las características urbanas de los usuarios de motos de Chapecó como el uso urbano, el nivel de preocupación ambiental, la conciencia de que es necesario hacer algo para reducir los niveles de contaminación, podrá más fácilmente definir el segmento de mercado de los usuarios de vehículos e motos eléctricos urbanos.

## 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada fue la investigación descriptiva, con aplicación de cuestionario como fuente primaria de datos junto a los usuarios de motos. El presente estudio se realizará en la ciudad de Chapecó-SC y tendrá como universo los propietarios de motos, residentes en la misma ciudad. Recordando que este artículo, presenta un recorte de un estudio mayor que contemplaba coches y motos. Así, aquí se presenta la metodología relativa a la recolección de datos con personas usuarias de motos.

En este estudio se llevará a cabo en la aplicación del cuestionario en forma estructurada, para 42 usuarios de motos. Fue hecha la interceptación de las personas cuando están con sus motos aparcados en las calles de Chapecó-SC, en

estacionamiento de escuelas y universidades en Chapecó-SC. Para evaluación de los cuestionarios, fue efectuado pre-prueba con aplicación de 4 cuestionarios representando un 10% de la muestra, para los propietarios de motonetas y motos. Aplicados las pre-pruebas, fueron hechas las adecuaciones necesarias para la mejor comprensión de las preguntas y después de aplicados para el total de la muestra. En la análisis de los datos fue utilizado software computacional que permite cruzar los datos para facilitar el análisis de los datos recolectados en la aplicación de los cuestionarios. Este es lo Statistical Package for Social Sciences (SPSS) para tratamiento de los datos, en el cruce los datos resultados de dos o más preguntas que hayan relación recogiendo detectar líneas de pensamiento.

## 3. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LOS INVESTIGADOS

Para facilitar la comprensión en la presentación de los datos se efectuó la división en tópicos relacionados a la misma idea, para eso ni siempre fue seguido el ordenamiento del cuestionario aplicado a los investigados.

### 3.1 Conocimiento general de los investigados

Cuanto al sexo, del total de 42 que respondieron, 21 fueron hombres y 21 mujeres. Cuanto la franja de edad, el mayor número de personas respondientes está en la franja fue la de 18 a 25 años con un 48% de los respondientes y la de 26 a 35 años con un 36% de los respondientes. Cuanto al estado civil de los pesquisados la mayor categoría en destaque fue los casados o en unión estable con 48%, ya el número de solteros respondientes fue 45%. La constatación que los solteros y jóvenes tiene preferencia por la utilización de motos se debe al hecho de libertad y la cuestión de la renta, que les permite acceso más fácil. La escolaridad de los respondientes se observa que 50% tenían nivel superior, 40% en el enseño medio y 10% postgrado. En el tocante la renta personal media mensual, siendo que esta interfiere directamente en el medio de transporte usado, observa que la mayoría de los propietarios de motos están concentrados en dos categorías de renta, el 52% de los respondientes ganan entre R$ 500,01 y R$ 1.000,00 y un 29% de los respondientes ganan entre R$ 1.000,00 y R$ 2.000,00.

El cuestionamiento que levanta el número de personas que viven en la residencia del respondiente, muestra una distribución uniforme en tres categorías, viven en una familia con 2 personas, 13 (el 31%), 12 respondientes (el 29%) en familia con 3 personas, 12 respondientes (el 29%) en familia con 4 personas, y 4 respondientes (el 10%) viven en familias con más de 4 miembros. Esto fue importante para detectar la adaptación del medio de locomoción al tamaño de la familia. La ocupación de los encuestados indica que más del 90% trabajan y aproximadamente el 60% estudian. Sobre el sector en que trabaja, hubo predominio del sector de servicios, con el 40% de los encuestados, y un equilibrio entre las categorías de comercio, industria y servicio público con aproximadamente el 20% cada una.

### 3.2 Hábitos de utilización de los medios de transporte en las actividades urbanas

Esta pregunta tuvo el objetivo de saber cuáles otros medios de transporte el respondiente posee además del que está respondiendo el cuestionario, por ejemplo, si está respondiendo el cuestionario de moto si posee otro automóvil, moto, motoneta o bicicleta, puede poseer dos vehículos, dos motos o alternados.

El resultado general fue sólo el 10% de los respondientes que dijeron no poseer otro medio de transporte además de aquel a que respondió el cuestionario, la grande mayoría dijeron tener otro medio de transporte o más, mientras otros 17% dijeron tener otros dos o más medios de transporte a disposición. Los datos más relevantes son que los 42 respondientes propietarios de motos o motonetas 32 (el 76%) dijeron poseer un vehículo además de la moto a disposición. Otro dato que llamó la atención es el bajo número de bicicletas disponibles, entre los respondientes de las motos sólo 5 (el 12%) afirmaron poseer bicicleta. Se llevando en consideración que los respondientes podían elegir más de una actividad, fue hecha la cuenta de cuantas veces cada actividad fue citada por los respondientes.

Para los respondientes de las motos hubo una concentración mayor en la utilización para el trabajo en primer lugar, con 41 respondientes que representa el 98%, en segundo y tercer lugar se quedó el ocio y visitar amigos con 11 respondientes cada uno (el 26%), el estudio con 10 respondientes (el 24%), compras con 5 respondientes (el 12%) y llevar/buscar los hijos con 2 respondientes (el 5%).

Buscando analizar más hondo la intensidad de uso de los medios de transportes utilizados para la realización de actividades urbanas se clasificó en tres categorías de usuarios, bajo uso para los respondientes que utilizan sus motos para hasta 2 actividades, medio uso para quien utiliza en 3 y 4 actividades e intenso uso para los que utilizan para cinco o más actividades. Los números son concentrados en la baja intensidad de uso con 33 respondientes (el 79%), con medio uso, 7 respondientes (el 17%) y solamente 2 respondientes (el 5%) que clasificados como intenso uso de sus motos.

Analizando los datos de los respondientes entre usuarios de motos de Chapecó-SC individualizados, se observa que la categoría con mayor Porcentual es la de personas que andan entre 21 a 40 km por día el 43% la segunda categoría más relevante es la de las personas que menos andan, haciendo un kilometraje de hasta 20 km/día, el 40%. La suma de las categorías de usuarios que andan hasta 20 km por día y los que andan de 21 a 40 km por día el Porcentual llega a el

83% de los usuarios respondientes. Se puede afirmar que la mayoría anda poco kilometraje por día, o sea, tiene una baja utilización de sus motos durante el día lo que justificaría utilizar un transporte limpio.

Buscando calificar la información de los kilómetros rodados por día y también conocer los hábitos de utilización durante más tiempo, las dos preguntas siguientes investigan sobre la frecuencia de viajes realizados con sus motos siendo una clasificada como pequeños viajes entre 40 a 100 km y de viajes mayores con más de 101 kms.

La categoría utilizada en este estudio como pequeños viajes, busca investigar la frecuencia de viajes hechos a las ciudades vecinas de Chapecó. Tense la claridad que la respuesta de esta pregunta puede haber sido interpretada de modo que quien anda entre 40 y 100 km por día dentro de Chapecó puede haber considerado como pequeños viajes. La información de la frecuencia que el respondiente hace a este tipo de viaje es importante para el estudio en la búsqueda del conocimiento de los hábitos urbanos de utilización de motos.

Buscando medir los datos sobre las frecuencias de viajes de los respondientes, fueron reunidos en la categoría de alta frecuencia de viajes y quien respondió que hace viaje más de un vez por semana, los que hacen viaje semanal, quincenal, mensual y trimestral, en la segunda categoría fueron considerados baja frecuencia de viajes los que respondieron que hacen viajes a menudo semestral, anual, raramente y los que dicen nunca hacer viajes con tal kilometraje.

Sólo el 31% de los respondientes tienen alta frecuencia de viajes entre 40 y 100 kms y el 69% de los respondientes tienen baja frecuencia de viajes, lo que indica que la utilización es más urbana de su medio de transporte. Utilizando los parámetros de alta y baja frecuencia, evidenciase la baja utilización de los medios de transporte estudiados para viajes arriba de 101 kms. Los porcentuales son sólo el 10% respondieron que utilizan con alta frecuencia y el 90% dijeron utilizar con baja frecuencia la moto para viajes arriba de 101 kms, demostrando un carácter más urbano de su utilización.

Cuanto a los datos más específicos obtenidos para la frecuencia de la realización de viajes arriba de 101 kms los números aclaran que el 67% nunca utilizan su medio de transporte para los viajes, el 12% raramente, el 7% realizan viajes anualmente. Los datos aclaran la poca utilización para viajes largos, lo que puede representar una oportunidad para utilización de una moto exclusivamente para actividades urbanas.

Para estudiar el perfil del usuario urbano de moto, conocer lo que las personas valoran en ella es fundamental. La cuestión investiga si la persona valora el desempeño como potencia, velocidad privilegia la economía y el transporte básico u otro atributo como confort y seguridad. La gran mayoría de los respondientes prioriza sólo el transporte básico y/o la economía, el 93%, y el 5% de los respondientes dijeron valorar Potencia o velocidad.

### 3.3 Consciencia ambiental y utilización de la energía eléctrica

De posesión de las informaciones anteriores se necesita investigar sobre la conciencia ambiental, sobre el comportamiento y conocimientos con relación al asunto. Las informaciones de los respondientes propietarios de motos fueron el 90% dijeron darle mucha importancia a la preservación del medio ambiente, el 7% poca importancia y el 2% relativa importancia.

En la secuencia fue preguntado sobre la realización de acciones para la preservación del medio ambiente por los respondientes. Los propietarios respondieron que sí, 76%, y el 24% dijeron no realizar acciones demostrando cierto desinterés por la cuestión. En cuanto al lo que se cree que más contamina el medio ambiente, las industrias obtuvieron 21 citaciones (el 41%), en segundo lugar aparece los medios de transporte con 20 citaciones (el 39%), la deforestación con 8 citaciones (el 16%) y también fueron 2 citaciones (el 4%) citaron el hombre como siendo el mayor contaminante.

### 3.4 Aceptación de la idea de utilización de las motos eléctricas

En el caso de las motos la pregunta fue si la persona compraría una moto para dos personas con velocidad máxima de 60 km/h y autonomía de 40 km por día. 40% respondió que no comprarían, el 31% respondieron que tal vez comprarán y el 29% afirmaron que comprarían. Del total de respondientes propietarios de motonetas y motos el 62% respondieron esa pregunta, de estos, el 65% afirmaron que estarían dispuestos a pagar hasta R$ 4.000,00, el 23% pagarían de R$ 4.000,01 a R$ 5.500,00 y el 12% estarían dispuestos a pagar de R$ 5.500,01 a R$ 7.000,00.

Otra pregunta fue relativa si las personas están dispuestas a pagar más caro por un medio de transporte que no perjudique el medio ambiente. Los propietarios de motos que el 40% dijeron aceptar, el 55% tal vez aceptarían y el 5% no aceptarían.

Buscando investigar si las personas comprarían una moto movida a energía eléctrica a pesar de que existen algunas limitaciones, las respuestas fueron: 43% dijeron que tal vez comprarán el 38% dijeron que comprarían y el 19% dijeron que no comprarían. Otra pregunta fue si el respondiente compraría el moto eléctrica con ocasión de economía, el 69% de los propietarios respondieron que comprarían por el motivo de economía.

Por el lado negativo, la pregunta cuál sería el motivo que llevaría el respondiente a dejar de comprar una moto eléctrica, fueron enumerados tres motivos y el respondiente podría señalar más de uno y aún indicar otro motivo no contemplado. El mayor número de citaciones se quedó con el tiempo de recarga de las baterías, con el 44%, en segundo lugar con el 22% se quedó el kilometraje rodado por carga, la velocidad alcanzada con el 20%, en seguida el precio fue

citado como impeditivo el 11% de las veces y el 2% respondió que ningún motivo impediría la compra de una moto o motoneta eléctrica.

## 4. SEGMENTO DE CONSUMIDORES: CARACTERIZACIÓN DE LOS INVESTIGADOS

Determinar características del segmento de consumidores de motos eléctricas en la ciudad de Chapecó-SC referente a todas las tablas de los que aceptaron de primera o que tal vez compraran.

Conforme la investigación bibliográfica determinó que es de fundamental importancia la opinión de la mujer en la decisión de la compra de gran parte de los bienes incluyendo moto. Cuanto a los respondientes propietarios de motos la tabla a continuación demuestra la distribución de frecuencia de la opinión de los respondientes propietarios de motos, tiendo un total de 42 respondientes siendo 21 del sexo masculino y 21 del sexo femenino. En el comparativo entre los porcentuales de los respondientes que dijeron que comprarían la moto propuesta hay una diferencia significativa entre los respondientes masculinos (el 43%) y de los respondientes del sexo femenino sólo (el 14%) dijeron que comprarían la moto propuesta. Refiriéndose al rechazo, se observa alto índice de rechazo por parte de los respondientes del sexo femenino (el 57%) mientras los respondientes del sexo masculino (el 24%) respondieron que no comprarían la moto propuesta. El porcentual de indecisión es equilibrado con el 33% de los respondientes del sexo masculino y el 29% de los respondientes del sexo femenino.

La aceptación es proporcional al grado de instrucción, bachillerato (el 32%), enseñanza superior (el 39%) y postgrado (el 50%). Cuanto a la no aceptación también es proporcional cuanto mayor el grado de instrucción menor es el rechazo, bachillerato (el 32%), enseñanza superior (el 31%) y postgrado (el 25%). En el caso de los respondientes que dijeron que tal vez comprarán también se quedó demostrado que la duda disminuye cuando al grado de instrucción aumenta bachillerato (el 36%), enseñanza superior (el 31%) y postgrado (el 25%).

Analizando las dos categorías con mayor número de respondientes propietarios de motos, la categoría con mayor número de respondientes fue la de los que andan entre 21 y 40 km por día con 18 respondientes, de estos, 7 (el 39%) dijeron que no comprarían, 6 (el 33%) dijeron que comprarían y 5 (el 28%) dijeron que tal vez comprarán. La segunda categoría la de los que andan hasta 20 km por día con 17 respondientes, de estos 10 (el 59%) dijeron que no comprarían, 3 (el 18%) dijeron que comprarían y 4 (el 24%) dijeron que tal vez compraran.

Se observó que las personas son racionales cuanto a la compra de una moto para suplir solamente sus necesidades diarias. En el caso de los respondientes propietarios de motos la categoría con mayor número de respondientes es la de los que andan de 21 a 40 km con 18 respondientes, por día el 61% de los respondientes comprarían o tal vez comprarán, la segunda categoría con 17 respondientes es la de los que andan hasta 20 km por día donde sólo el 41% dijeron que comprarían o tal vez comprarán, siendo que el 59% no comprarían.

Sumándose todas las categorías totalizando el 60% de los respondientes dijo que comprarían o tal vez compraran. El número sorprende, pues de quien se debería esperar que ese porcentual fuera mayor, ese porcentual fue menor, siendo que los tres principales ítems citados como impeditivos en la compra de la moto propuesta fueron el tiempo de recarga de batería (20 citaciones), el kilometraje rodado con una carga (10 citaciones) y la Velocidad alcanzada (9 citaciones) probablemente llevaron la baja aceptación de la moto.

El análisis siguiente es resultado de la comparación de dos preguntas, una sobre cual vehículo usar en las actividades urbanas y la segunda pregunta es si se compraría la moto con ciertas limitaciones descritas en las cuestiones. Por orden decreciente del número de respondientes, 50% dijeron no comprar, el 29% dijeron que comprarían y el 21% dijeron que tal vez comprarán, sumando las dos últimas categorías se llega al 50%.

Se observa en la comparación de los resultados de las cinco preguntas que cuando se trata de sí, hay un lineamiento de los datos, o sea, buena parte de las personas que respondieron sí en la primera respondieron sí en la segunda, después sí en la tercera y así sucesivamente, llegando a haber 13 respondientes que respondieron sí para todas las cuestiones relacionadas a la aceptación.

## 5. CONCLUSIÓN

Fueron cruzados los resultados de las principales preguntas y se considera que el objetivo fue alcanzado con éxito y con el resultado fue posible también el alcance del segundo objetivo específico de estimar el potencial mercado para los vehículos propuestos.

Se considera que la suma de los resultados obtenidos de los respondientes que dijeron que comprarían y que tal vez comprarán es muy significativa, delante de aquellos que dijeron no aceptar. Otro punto a considerarse, es que tal vez la mayoría de los que tuvieron dudas y no respondieron, colocaron que no comprarían o aunque tal vez comprarán, no conocen la tecnología o tienen dudas sobre la confiabilidad. Esta constatación es confirmada por citaciones como: desconocimiento, no conoce el vehículo, la tecnología, no tiene asistencia técnica, entre otros motivos.

Además de eso, con el principio de la circulación de motos y vehículos eléctricos en la ciudad, las personas podrán ver y probar el vehículo, descubriendo si estos atienden o no a sus necesidades diarias, sin contaminar, sin generar ruido y utilizando menos espacio físico en las calles. Por otro lado, algunas personas pueden comprar por impulso, sin atentarse para las informaciones sobre el vehículo y después decepcionarse con el desempeño, el precio, las

restricciones de kilometraje rodado y otros los motivos ya citados en las respuestas. Con esto, algunos que respondieron que comprarían pueden frustrarse con el mismo.

Es importante destacar que la aceptación por parte de los clientes fue investigada, simplemente se aceptaría comprar el moto propuesto, sin esclarecer ningún beneficio que se tendría con la utilización, como: polución prácticamente nula, inexistencia de barullo, cargamento en el enchufe mientras el coche está parado, economía y optimización en el uso de energía, de entre otros.

Se ha demostrado dentro del contexto estudiado que existe mercado para motocicletas eléctricas, eso es posible y deseable. Para conocer el mercado potencial en este estudio, se aplicaron los porcentajes de las respuestas sí + tal vez sobre la media del incremento anual de motocicletas para el municipio de chapecó entre los años 2002 a 2007. Fueron 60% de los entrevistados de motocicletas y motonetas de hasta 150 cilindradas que respondieron que comprarían o tal vez comprarían. El incremento medio anual de compra de motocicletas y motonetas fue de 2465 unidades. Como resultado, se obtuvo que el número de potenciales clientes anuales sería de 1479 para la motocicleta propuesta, con capacidad para 2 personas, autonomía de 40 km y velocidad limitada a 40km /h.

El delineamiento del segmento de mercado estaría marcado por usuarios que utilizan sus motocicletas para desplazamientos diarios de hasta 40 km, no utilizan la motocicleta frecuentemente para desplazamientos por encima de eso y por usuarios que ya poseen o se utilizan de otros medios de transporte y la motocicleta sería utilizada como un segundo medio.

Se considera como sugerencia de estudios futuros hacer el refinamiento del estudio del perfil descrito y como transformar el perfil en segmento de mercado. Además, con el crecimiento del sector de servicios a ejemplo de empresas como Uber y Airbnb entre otros servicios a través de aplicaciones de internet, la venta de producto como el servicio, una oportunidad sería investigar el inverso del perfil de este estudio, el no perfil, el desconocido, o sea aquellos que no tienen moto, si no hubiera la necesidad de comprar, cuál el potencial adherente de ese público al uso de un servicio, esporádico, con acceso facilitado a través de la aplicación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

ABRACICLO, Associação Brasileira dos Fabricantes de Motos, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares, 2008. *Mercado interno, atacado, por cilindrada 2008*. Disponible en: http://www.abraciclo.com.br/apresentacao-2008.html. Acceso en: jul. de 2008.

_____. *Anuário brasileiro da indústria de duas rodas 2018*. 2018. Disponible en: http://www.abraciclo.com.br/anuario-de-2018. Acceso en: ago/2018.

ABVE, Associação Brasileira do Veículo Elétrico, 2007. *Incentivos para veículos elétricos no Brasil*. Disponible en: http://www.abve.org.br/incentivos.asp. Acceso en: nov. de 2007.

ABVE, Associação Brasileira do Veículo Elétrico, 2007. *Veículos híbridos para gerar economia de combustível e reduzir a poluição*. Disponible en: http://www.abve.org.br/destaques/destaque54.shtml. Acceso en: nov. de 2007.

ARAÚJO, M. J., 2008. *Parecer: ciclomotores e o Código de Trânsito Brasileiro*. Disponible en: http://www.neofito.com.br/pecas/parece5.htm. Acceso en: jul. de 2008.

CTB, Código de Trânsito Brasileiro, 2008. *Anexo I dos conceitos e definições*. Disponible en: http://www.senado.gov.br/web/codigos/transito/cnt00086.htm. Acceso en: jul. de 2008.

DETRAN/SC, Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina, 2018. *Frota de veículos por município*. Disponible en: http://www.detran.sc.gov.br/estatistica/estatistica.htm. Acceso en: jul. de 2008.

DIAS, S. R. 2003. *Análise de mercado*. In: DIAS, Sergio Roberto (Coord.) Gestão de marketing. Saraiva, São Paulo.

TAÑSKI, N. C. 2003. *Administración de marketing: segmentación integral de mercados*. Posadas – Misiones – Argentina, Graficop.

## 7. ANUNCIO DE RESPONSABILIDAD

Los autores son los únicos responsables del material impreso incluido en este trabajo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# UTILIZAÇÃO DE METODOLOGIA SISTEMÁTICA DE PROJETO PARA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DE PÓ MINERAL PARA USO EM IMPRESSORAS 3DP

**IvânioTagliari**
**Maurício Rech**
**Giovani Fávero**
**Charles Leonardo Israel**
**Márcio Walber**
**Leandro de Freitas Spinelli**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
Hospital São Vicente de Paulo, 2050, Centro, Passo Fundo/RS, CEP: 99010-111
ivanio.tagliari@gmail.com / mauriciorech92@gmail.com / pesquisa2@hsvp.com.br /israel@upf.br / mwalber@upf.br/ leandro.spinelli@upf.br

***Resumo.****O desenvolvimento de matérias-primas (MP) atípicas para uso em equipamentos de prototipagem rápida (PR) e que possuem a tecnologia de impressão em três dimensões (3DP), vêm ganhando destaque em pesquisas acadêmicas. O presente trabalho procura identificar os melhores e mais adequados equipamentos para a realização do processo para obtenção de matérias primas atípicas. Para isso, foi utilizada a dinâmica de projeto proposta por Pahl e Beitz (2005), mais precisamente fazendo-se uso das fases de planejamento, à qual se produz uma lista de requisitos, e a fase concepção, que permite identificar as funções inerentes ao produto, bem como soluções apropriadas. Como resultado obteve-se a seleção de um britador de engrenagens helicoidais para a etapa de britagem e um moedor de esferas para a etapa de moagem, sendo a seleção de grãos feita manualmente, com peneiras granulométricas.*

***Keywords:*** *Matérias primas atípicas, Prototipagem, Impressão 3DP, Projeto Sistemático.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de matérias-primas (MP) atípicas para uso em equipamentos de prototipagem rápida (PR) e que possuem a tecnologia de impressão em três dimensões (3DP), vêm ganhando destaque em pesquisas acadêmicas. Para Ipar (2011), isso ocorre devido ao alto custo de importação para aquisição de MP produzidas pelos fabricantes de impressoras 3DP e também à falta de alternativas no comércio de MP de diferentes materiais, destinados a estas impressoras, o que acaba limitando seu uso em certas áreas da engenharia.

O presente trabalho busca aumentar ainda mais a gama de aplicações deste tipo de impressora. O objetivo está em selecionar equipamentos adequados para realizar o processamento de pó mineral, de forma que seja possível utilizá-lo como matéria prima em impressoras 3DP. Este processo é conhecido pelo nome de cominuição, que será abordado adiante. Para realizar esta seleção, será utilizada a metodologia sistemática de desenvolvimento de produto descrita por Pahl e Beitz (2005), considerando-se as fases de planejamento e concepção.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No estudo de Salmoria (2007) estão descritas as etapas e respectiva sequência em que ocorrem o ciclo de impressoras 3DP para a impressão de objetos. Observa-se que a primeira fase do processo de impressão consiste num modelo CAD do produto que se deseja obter, seguido da matéria-prima que deve ser utilizada. As etapas subsequentes estão estritamente ligadas às características da máquina utilizada para impressão.

Para Ipar (2011), o desenvolvimento de MP atípica para uso em impressoras 3DP envolve um grande número de variáveis, e Utela et al. (2010) afirma que este processo pode significar um grande desafio, dado as numerosas decisões que devem ser tomadas acerca de pós, aglutinantes, impressão e pós-processamento. Este mesmo autor também propôs uma metodologia para o desenvolvimento de MP para impressoras 3DP, que consiste nas definições das características finais da peça, formulação do pó, até o pós-processamento.

Para Utela et al. (2008 e 2010) a depositabilidade é a propriedade mais importante do pó e é influenciada diretamente pelo tamanho e formato das partículas. Para os autores a depositabilidade pode ser efetuada com o pó molhado ou seco, dependendo do tamanho das partículas. Ipar (2011) afirma que grãos com tamanho de 20μmou maiores deve-se utilizar o pó no estado seco e para partículas menores que 5μm podem ser depositadas secas ou molhadas. Os pós que possuem dimensões menores que 1μm podem se ligar por forças de Van der Waals, e a deposição mecânica torna-se inadequada (Utela et al.,2010).

Para que o pó mineral adquira as características dimensionais descritas anteriormente, deverá passar por um processo de cominuição. De acordo com Governo do Ceará (2018), o processo de cominuição consiste de "métodos específicos para redução do tamanho de grão, através da aplicação de pressão (compressão), criação de impacto cinético entre o minério e o corpo moedor (impacto), ou através de atrito da superfície de partículas do minério e das partes do moedor (abrasão). Dentre as etapas do processo, encontram-se a britagem do minério, o peneiramento, a moagem, a classificação e a posterior concentração das partículas.

No material do Governo do Ceará (2018) estão descritas de forma detalhada os equipamentos mais utilizados para a britagem, moagem e classificação de minerais. Dentre os britadores descritos pelo Governo do Ceará (2018) destacam-se os britadores de mandíbulas (1 e 2 eixos), giratório, de impacto (horizontal e vertical) e de rolos dentados.A moagem, representa a última fase do processo de fragmentação e é nesta etapa que se atinge um tamanho de partícula ideal para que o mineral seja liberado para consumo ou para o próximo processo, chamado de concentração. Governo do Ceará (2018) também detalha o funcionamento de uma série de moedores, dentre os quais destacam-se o moinho de bolas e o de barras.

Após o processo de fragmentação das partículas, é necessário classificá-las de acordo com seu tamanho. O processo de classificação usualmente ocorre com o uso de peneiras, cujo princípio de funcionamento está fundamentado em separar as partículas de determinados tamanhos por meio de uma superfície perfurada. Existem basicamente dois tipos de peneiras. A mais simples é a peneira do tipo grelha, que pode ser fixa ou vibratória. O segundo tipo mais conhecido é a peneira rotativa, constituída por uma superfície de peneiramento cilíndrica, que gira em torno de um eixo horizontal.A seleção e dimensionamento das peneiras ocorre em função de fatores como a quantidade de material que deve ser peneirada e o tamanho das partículas.

A seleção dos equipamentos responsáveis pela britagem, moagem e classificação do pó mineral será realizada seguindo a metodologia sistemática de projeto desenvolvida por Pahl e Beitz (2005). Esta metodologia propõe que o desenvolvimento de produtos pode ser realizado por meio de quatro fases distintas e sequenciadas. A Fig.1 representa de forma esquemática esta sequência de fases.

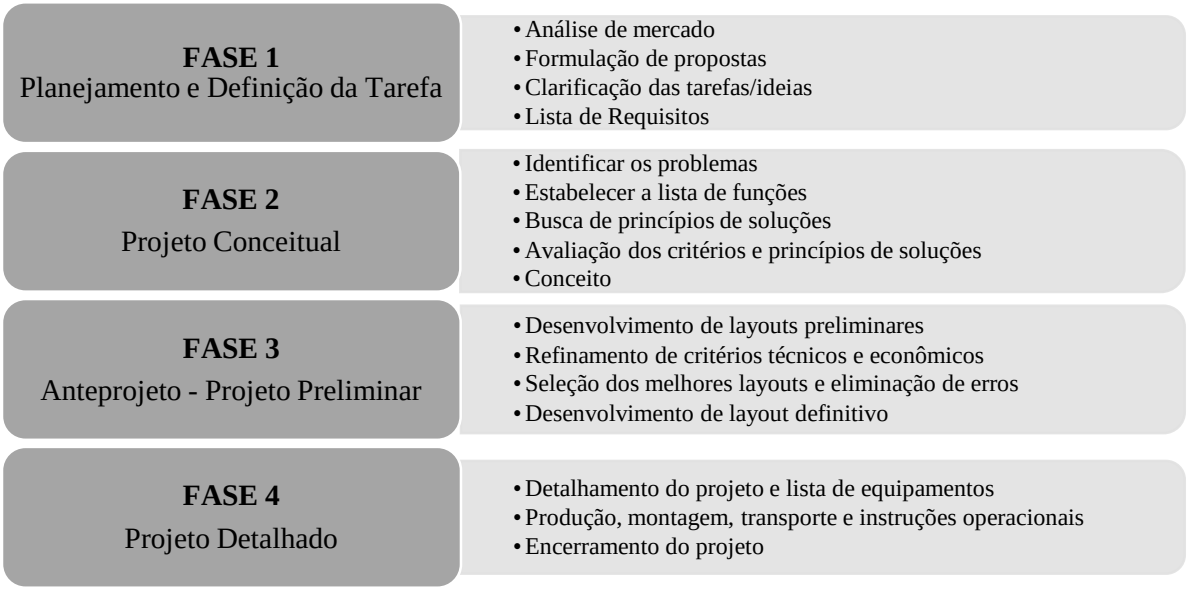



Figura 1– Etapas do procedimento metódico proposto por Pahl e Beitz (2005)

## 3. METODOLOGIA

A presente seção está subdivida de acordo com as duas fases que serão utilizadas para seleção de equipamentos para o processo de cominuição do pó mineral para aplicação em prototipagem rápida. Estas fases equivalem às duas primeiras etapas da metodologia proposta por Pahl et al. (2005), o qual descreve as etapas necessárias para o desenvolvimento sistemático de produtos. Pahl et al. (2005) propõe que o processo de desenvolvimento de produto

comece com a fase de planejamento, onde o resultado final é uma lista de requisitos do produto. Em seguida tem-se a fase de concepção, onde se elencam as funções e subfunções do produto, cujo produto final é a seleção de soluções para cada uma destas funções. As duas últimas fases são nomeadas como anteprojeto e detalhamento. O anteprojeto resume-se a determinar de forma clara a estrutura do produto e seu funcionamento, ao passo que o detalhamento especifica as diretrizes para a produção do mesmo.

### 3.1 Planejamento

Como descrito anteriormente, a fase de planejamento refere-se ao esclarecimento dos objetivos e requisitos do produto em desenvolvimento. Neste caso, o produto final que se deseja obter é um pó mineral com granulometria menor que 37 µm, valor próximo do ideal para aplicações em máquinas mais comuns de prototipagem. Para que seja possível obter um produto com estas características, utiliza-se o processo de cominuição, onde blocos grandes do produto são processados por máquinas até se obter as propriedades desejadas. Em suma, esse processo ocorre por meio das fases de britagem, moagem e peneiramento. O resultado do planejamento é a lista de requisitos apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Lista de requisitos para os equipamentos do procedimento de cominuição do pó mineral

| Data: 06/05/2018 | Projeto: Procedimento para processamento de pó mineral | | |
|---|---|---|---|
| Equipamentos | D/E | Requisitos | Responsável |
| Equipamento para o Processo de Britagem | D | Alto rendimento | |
| | E | Durabilidade e robustez | |
| | E | Espaço reduzido | |
| | E | Baixo ruído | |
| | D | Regime de trabalho constante | |
| | E | Acionamento elétrico | |
| | E | Não interferir na composição química do produto | |
| | E | Baixo custo para confecção | |
| | E | Fácil manutenção | |
| | E | Produto final com tamanho de grão ≤ 100 µm | |
| Equipamento para o Processo de Moagem | E | Suportar cargas alternadas | |
| | E | Durabilidade | |
| | E | Equipamento fechado | |
| | E | Moagem a seco | |
| | D | Baixo custo para confecção | |
| | D | Espaço reduzido | |
| | E | Não interferir na composição química do produto | |
| | E | Produzir produto com tamanho de grão ≤ 37 µm | |
| Peneiras Granulométricas | E | Identificar tamanho de partícula ≤ 37 µm e ≥ 100 µm | |
| | D | Acionamento elétrico | |
| | D | Baixo custo | |

### 3.2 Concepção

Após a apresentação da lista de requisitos, Pahl e Beitz (2005) propõem seguir o processo de desenvolvimento de projeto com a análise das entradas e saídas de energia, matéria e sinal do produto. No diagrama apresentado na Fig. 2 é possível identificar as entradas e saídas principais do processo de cominuição do pó mineral, bem como a estruturação das funções presentes no processo.

No diagrama da Fig. 2 observa-se que a primeira função corresponde à britagem do pó mineral. O objetivo é transformar os blocos de minérios em um pó fino na ordem de aproximadamente 100 µm. Estes blocos serão inseridos manualmente no equipamento de britagem e posteriormente serão classificados em uma etapa à qual se atribuiu a função "Classificação Grosseira". Nesta etapa, o produto retirado do britador será classificado de tal forma que as partículas menores que 100 µm sejam encaminhadas para o equipamento de moagem, e as maiores que 100 µm retornem ao início do processo.

As partículas que foram "aprovadas" na classificação grosseira, serão transportadas para o equipamento de moagem, caracterizado como a última etapa do processo de fragmentação do minério. Após a moagem, o pó tem de passar por um último processo de classificação, que deverá identificar partículas na ordem de 37 µm, ideias para aplicações em prototipagem rápida.

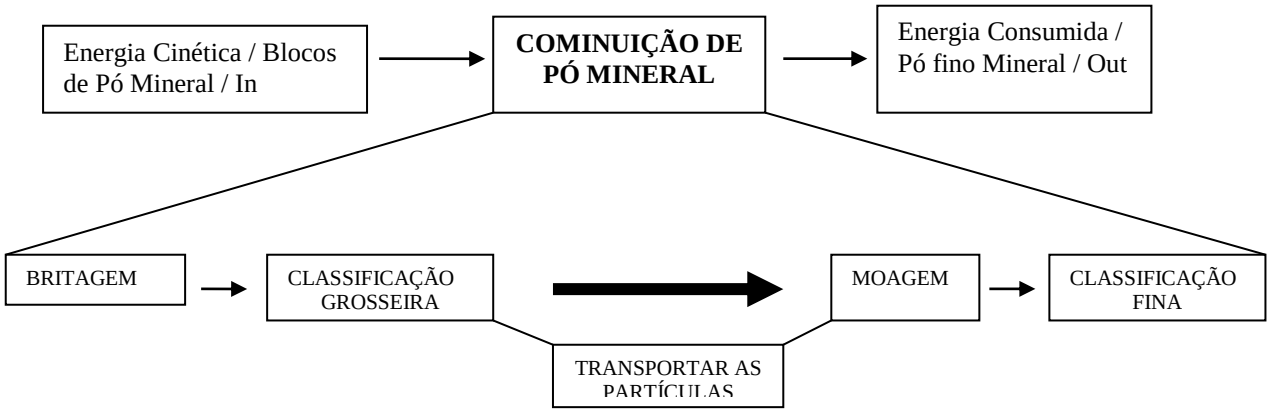



Figura 2 – Estrutura de funções do processo de cominuição

Com as considerações feitas anteriormente, somando-se à estrutura de funções apresentada na Fig. 2, foi possível elencar um conjunto de soluções para as funções do problema. Para cada uma das funções apresentadas na Fig. 2 foram propostas 3 soluções diferentes, como apontado no Quadro 2.

Quadro 2 - Soluções propostas

| **Função** | **Princípio de Solução** | | |
|---|---|---|---|
| | ***Solução 1*** | ***Solução 2*** | ***Solução 3*** |
| Britagem | Britador de Rodas Dentadas | Britador de Mandíbulas | Britador Cônico |
| Classificação Grosseira | Peneira Manual | Peneira Vibratória | Peneira Rotativa |
| Transporte | Manual | Esteira | - |
| Moagem | Moinho de Barras | Moinho de Bolas | Moinho de Martelos |
| Classificação Fina | Peneira Manual | Peneira Vibratória | - |

A avaliação das soluções é realizada por meio de perguntas, feitas individualmente para cada uma das soluções propostas. O resultado da avaliação pode ser observado no Quadro 3, onde a primeira coluna corresponde às linhas e colunas de soluções propostas no Quadro 2.

Quadro 3 – Avaliação das soluções

| | Avaliar as alternativas de acordo com os critérios e seleção<br>S - Sim<br>N - Não<br>? - Escassez de informações | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Há conformidade com a lista de requisitos? | | | | | | Possíveis Soluções |
| | | Atende a requisitos de segurança? | | | | | |
| | | | Atende a requisitos ambientais? | | | | |
| | | | | Pode ser projetado e fabricado de forma simples? | | | |
| | | | | | Pode ser fabricado com baixo custo? | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Observações | |
| L1C1 | S | S | S | S | S | | ✓ |
| L1C2 | N | S | S | N | N | Projeto complexo. Necessidade de espaço amplo. | |
| L1C3 | ? | S | S | ? | ? | Inconformidade com os requisitos de projeto. | |
| L2C1 | S | S | S | S | S | | ✓ |
| L2C2 | S | S | S | ? | ? | Pode se tornar um projeto oneroso. | |
| L2C3 | ? | S | S | ? | ? | Inconformidade com os requisitos de projeto. | |
| L3C1 | S | S | S | S | S | | ✓ |
| L3C2 | S | S | S | S | ? | Custo elevado. | |
| L4C1 | S | S | S | S | S | | ✓ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L4C2 | S | S | S | S | S | | ✓ |
| L4C3 | ? | S | S | ? | ? | Inconformidade com os requisitos de projeto. | |
| L5C1 | S | S | S | S | S | | ✓ |
| L5C2 | S | S | S | ? | ? | Inconformidade com os requisitos de projeto. | |

Com base nos resultados obtidos na análise das soluções, foi possível traçar uma variante ótima de solução, que pode ser observada no Quadro 4.

Quadro 4 – Soluções escolhidas

| **Função** | **Princípio de Solução** | | |
|---|---|---|---|
| | ***Solução 1*** | ***Solução 2*** | ***Solução 3*** |
| Britagem | Britador de Rodas Dentadas | Britador de Mandíbulas | Britador Cônico |
| Classificação Grosseira | Peneira Manual | Peneira Vibratória | Peneira Rotativa |
| Transporte | Manual | Esteira | |
| Moagem | Moinho de Barras | Moinho de Bolas | Moinho de Martelos |
| Classificação Fina | Peneira Manual | Peneira Vibratória | - |

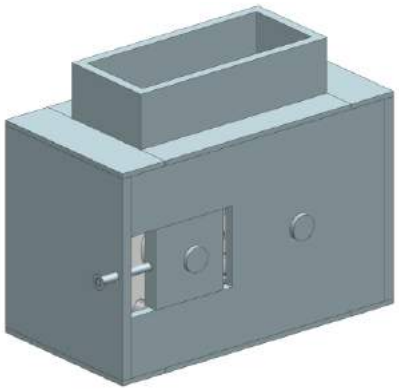
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado final obtido com a etapa de concepção, sugere que o melhor processo de cominuição para o caso proposto, consiste em realizar a britagem de minério com um britador de rodas dentadas, a moagem com um moinho de bolas, e tanto a classificação quanto o transporte do pó de forma manual. Com estas soluções o processo torna-se relativamente simples, e atende de forma abrangente as necessidades de projeto.

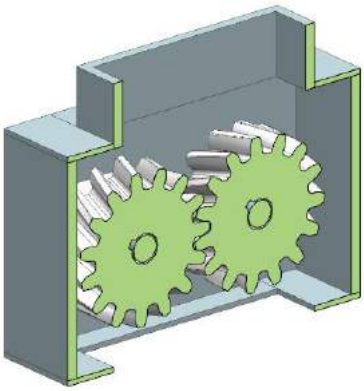
Para a primeira função do processo de cominuição, o uso de um britador de rodas dentadas aparenta ser a solução ideal. Este tipo de equipamento possui certas vantagens em relação aos outros, especialmente nos quesitos de projeto. Na Fig.3 estão representadas em (a) e (b) os layouts conceituais de um britador de engrenagens helicoidais, no qual a distância entre os eixos pode ser ajustada pelo movimento de um parafuso preso à base e um guia lateral. Em (c) há uma fotografia de um britador de engrenagens helicoidais, com algumas características parecidas com as mostradas em (a) e (b).

O moedor de bolas, assim como o moedor de barras, possuem características funcionais que os tornam excelentes equipamentos para realizar a moagem do pó. Ambos foram apontados como soluções possíveis, mas o moedor de bolas foi selecionado como sendo mais adequado para a tarefa. Nos (2011) descreve em seu trabalho as etapas e materiais necessários para a construção de um moinho de bolas portátil e de baixo custo, o que torna este tipo de equipamento extremamente adequado para as demandas de projeto propostas. Na Fig. 4 (a) é possível observar uma pequena representação do produto esperado para o moinho de bolas, e em (b) é mostrada uma fotografia do moinho de bolas desenvolvido por Nos (2011).

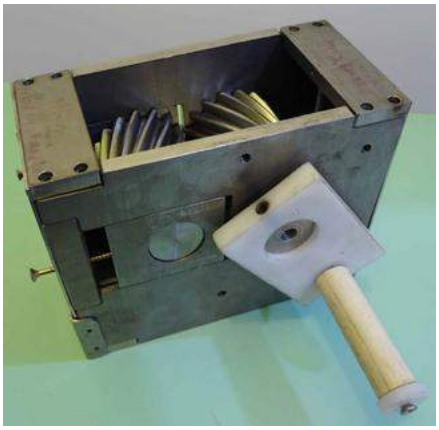
Para os processos de classificações e transporte entre equipamentos, foi considerado o uso de equipamentos manuais. Tanto a classificação grosseira quanto a fina, podem ser realizadas por meio de peneiras granulométricas. Uma peneira vibratória, por exemplo, se torna ideal quando há a certeza de um processamento em grande quantidade do pó mineral. O mesmo pode se dizer para o uso de esteiras no transporte de uma máquina para outra.



(a) Vista trimétrica de um pequeno triturador de engrenagens helicoidais

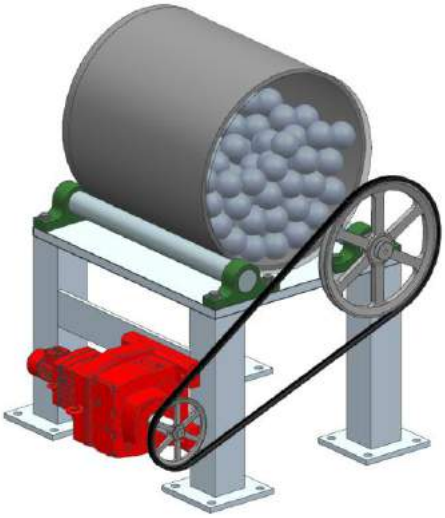


(b) Vista em corte do triturador de engrenagens helicoidais

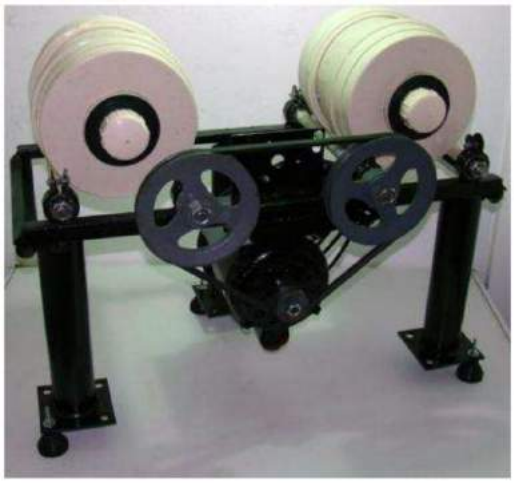


(c) Fotografia de um britador de engrenagens helicoidais

Figura 3 – Representações do britador de rodas dentadas



(a) Layout conceitual de um moinho de bolas



(b) Fotografia de um moedor de bolas
Fonte: Nos (2011)

Figura 4 – Layout conceitual de um moinho de bolas

## 5. CONCLUSÕES

No decorrer das etapas de planejamento e concepção, é possível notar os benefícios em se utilizar uma metodologia sistemática de desenvolvimento de projeto. A metodologia proposta por Pahl e Beitz (2005) permite clarificar o desenvolvimento de idéias, podendo ser aplicada não apenas no desenvolvimento de máquinas, mas também na busca de soluções para processos, como abordado no presente caso.

A geração de uma lista de requisitos permite identificar de maneira clara as reais funções e características necessárias para o produto, e o uso posterior de um diagrama de funções mostra-se ideal para compreender o funcionamento do sistema. Com a matriz de avaliações foi possível identificar de forma objetiva as melhores soluções para as funções do processo. Estas soluções foram escolhidas com base no conhecimento adquirido por meio da revisão bibliográfica e também parcialmente pelo conhecimento prático acerca dos equipamentos e da matéria prima a ser fabricada.

Os equipamentos escolhidos respeitam os requisitos propostos na matriz de avaliações, e acredita-se que poderão ser desenvolvidos de maneira rápida, com segurança e baixo custo, atendendo as demandas inicias.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOVERNO DO CEARÁ. “Curso Técnico em Mineração”. Escola Estadual de Educação Profissional, 2018.
IPAR, Carlos Edmundo de A. L. "Desenvolvimento de matéria-prima para impressão tridimensional a partir de rejeitos gemológicos de ágata”. Dissertação. Porto Alegre, 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
NOS, Gustavo. “Projeto de Produtos: Moinho de Bolas de Baixo Custo”. Monografia. Lajeado (RS). Univates; 2011.
PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEM, jörg; GROTE, Karl H. “Projeto naEngenharia”. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.
SALMORIA, Gean V. et al. “Prototipagem rápida por impressão 3D com resinas fotocuráveis: uma análise sobre as tecnologias disponíveis no mercado nacional”. Anais do 9o Congresso Brasileiro de Polímeros, v. 9, p. 360-367, 2007.
UTELA, Ben et al. “A review of process development steps for new material systems in three dimensional printing (3DP)”.Journal of Manufacturing Processes, v. 10, n. 2, p. 96-104, 2008.
UTELA, Ben R. et al. “Development process for custom three-dimensional printing (3DP) material systems”. Journal of Manufacturing Science and Engineering, v. 132, n. 1, p. 011008, 2010.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo o que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EQUIPAMENTO PARA AERAÇÃO DA ÁGUA FERRUGINOSA

**Jean Carlos Ferron**
**Márcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Júnior**

Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José – Passo Fundo/RS
56511@upf.br; mwalber@upf.br; agenor@upf.br

***Resumo.*** *O ferro é um dos elementos mais abundantes na terra. Pode ser encontrado facilmente em águas subterrâneas, na forma de Bicarbonato Ferroso. Porém, isso gera grandes transtornos, tanto para o consumo humano dessa água, quanto para a utilização em nível industrial. Além de ocasionar graves doenças aos seres vivos, quando em excesso (acima de 0,3mg/L conforme Portaria MS N° 1469), essa água contaminada pode gerar inúmeros prejuízos às indústrias, desde obstrução de encanamentos, até à ineficiência de trocadores de calor, entre outros. Partindo desse problema, foram utilizadas as fases de planejamento e concepção do método de Pahl and Beitz para desenvolver o conceito do equipamento. Isso gerará um Sistema de aeração da água, objetivando a oxidação e a decantação do ferro nela contido. Parâmetros como: quantidade de ar injetado e quantidade de ar absorvido pela água foram estabelecidas, com análises e simulações do processo. Por fim, obtém-se um Sistema de baixo custo, capaz de retirar o ferro em excesso contido em águas subterrâneas, utilizadas tanto para consumo humano quanto para a indústria.*

***Palavras Chave:*** *aeração, água subterrânea, remoção de ferro.*

## 1.r INTRODUÇÃO

Sabe-se que 3/4 da camada terrestre é composta de água. Porém nem toda essa água pode ser utilizada para consumo humano, industrial e irrigação, pois a maior parte é água salgada.

Segundo Azevedo (2014), dessa pequena quantidade de água doce disponível, mais de 3/4 estão na forma de gelo (Figura 1), nos extremos do planeta terra, o restante distribuído entre rios, lagos, atmosfera e lençóis subterrâneos. Ainda assim, na maioria dos casos, essa água doce precisa passar por um tratamento, de filtragem, e/ou químico, para que se torne potável e aplicável em processos industriais ou para o consumo humano. Isso é devido, principalmente, à presença frequente de altas quantidades de ferro nelas contido, o que a torna altamente prejudicial para a saúde e também causa diversos problemas em processos industriais.

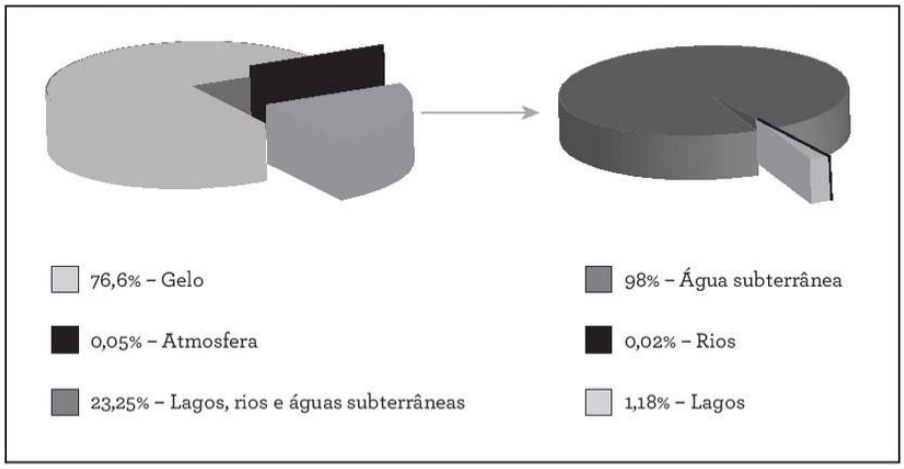



Figura 1. Distribuição de água potável

Contudo, os processos de filtragem do tipo filtração direta ou microfiltração, filtração do tipo cascata, entre outros, exigem, em alguns casos, grandes espaços e investimento elevado em sua manutenção e instalação.

Por isso, o estudo por novas soluções no processo de filtragem se faz necessário, possibilitando obter um custo-benefício mais baixo e um sistema mais eficiente. Assim, o emprego de uma metodologia de concepção de projeto de produto, como a do Pahl and Beitz (2005), mostrada na Figura 2, se faz necessária para dar direcionamento, conduta e agilidade na tomada de decisões e busca por soluções e tecnologias a empregar.

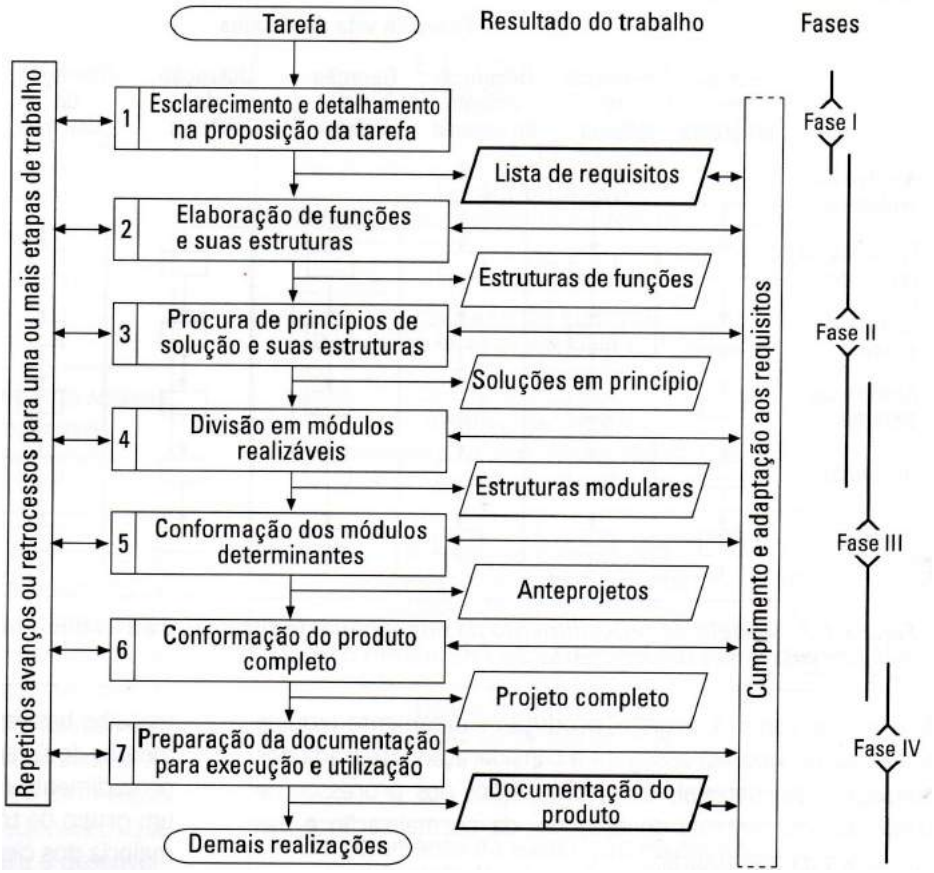



Figura 2. Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto

## 2.r MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho de concepção do equipamento de filtragem de água subterrânea contaminada por ferro foi desenvolvido segundo a metodologia de Pahl et. al. (2005). Isso se deu através da utilização dos conceitos da primeira e segunda fases, denominadas "Definição Metódica da Tarefa" e "Projeto Conceitual", respectivamente.

### 2.1rPlanejamento do Produto

Sabendo-se da necessidade de um equipamento cuja área demandada, para sua instalação, seja pequena, também com um custo benefício atrativo e boa eficiência, partiu-se para a elaboração da lista de requisitos, onde o projetista poderá abordar, de maneira mais ampla, a demanda dos usuários.

### 2.2rLista de Requisitos

Inicialmente foram esclarecidas as exigências que o produto deve apresentar bem como seus possíveis desejos. Com isso, foi elaborada a lista de requisitos do produto, contendo aspectos relativos à funcionalidade e desempenho do produto, além de prazos e custos. Assim, essas necessidades e desejos serão transformados em requisitos técnicos de funcionamento.

A lista de requisitos foi elaborada pelo método da linha mestra proposta. O Quadro 1 apresenta a lista de requisitos, retratando as especificações perante o problema apresentado. Assim, os requisitos foram classificados como: D – Desejo, ou seja, há uma demanda pelo requisite, porém não obrigatória; E – Exigência, ou seja, deve ser cumprido.

Quadro 1 – Lista de requisitos para o equipamento de Aeração

| LISTA DE REQUISITOS | | | Folha 1<br>Página 1 |
|---|---|---|---|
| **DATA** | **E/D** | **1 - GEOMETRIA** | EQUIPE DA ENGENHARIA |
| 29/05/2018 | D | Compacto | |
| 29/05/2018 | E | Máximo 6m² | |
| 29/05/2018 | E | Tanque de armazenagem para 1000L/h p/ oxidação | |
| 29/05/2018 | D | Geometria flexível conforme necessidade do cliente | |
| | E | Aerador compacto e removível | |
| 29/05/2018 | D | Utilizar conexões rápidas | |
| 29/05/2018 | E | Ser de fácil acesso para limpeza interna do tanque | |
| | | **2 - ABASTECIMENTO** | |
| 29/05/2018 | D | Abastecimento por Bomba | |
| 29/05/2018 | E | Capacidade de bombear 1000L/h | |
| 29/05/2018 | E | Capacidade de aerar 1000L/h | |
| | | **3 - MATERIAL** | |
| 29/05/2018 | E | Matéria prima anticorrosiva | |
| 29/05/2018 | E | Atender as normas sanitárias e de saúde | |
| 29/05/2018 | D | Relativamente leve | |
| 29/05/2018 | E | Aerador feito com compósitos plásticos | |
| 29/05/2018 | D | Estrutura que se fixe ao piso | |
| | | **4 - SEGURANÇA** | |
| 29/05/2018 | E | Garantir segurança do usuário | |
| 29/05/2018 | D | Fácil manuseio | |
| 29/05/2018 | D | Auto desligamento se manuseado | |
| | | **5 - OPERAÇÃO** | |
| 30/05/2018 | D | Não necessita operador fixo no local | |
| 30/05/2018 | E | Sistema de funcionamento automático | |
| 30/05/2018 | D | Aerador autoaspirável | |
| 30/05/2018 | E | Possuir baixo consumo de energia | |
| 30/05/2018 | E | Material decantado deve permanecer no fundo do tanque | |
| 30/05/2018 | D | Sistema de sensoriamento nas entradas e saídas | |
| 30/05/2018 | D | Apresentar indicadores em tempo real | |
| | | **6 - MONTAGEM** | |
| 30/05/2018 | E | Dividido por processo | |
| 30/05/2018 | E | Utilização de parafusos para fixação de partes | |
| 30/05/2018 | D | Encanamento com engate rápido | |
| 30/05/2018 | D | Instalação em local fechado/coberto | |
| | | **7 - MANUTENÇÃO** | |
| 30/05/2018 | E | Baixa manutenção | |
| 30/05/2018 | E | Espaçamento longo entre Limpezas | |
| | | **8 - PRAZOS** | |
| 30/05/2018 | D | 7 dias úteis para o projeto | |
| 30/05/2018 | D | 15 dias úteis para a instalação | |

## 2.3rConcepção

Com a lista de requisitos definida e utilizando-se a ferramenta de abstração proposta pelos autores, foi elaborada a análise das funções do produto para a relação das entradas e saídas do processo. Com isso, foram obtidos a função global e as subfunções do equipamento, mostradas na Figura 3.

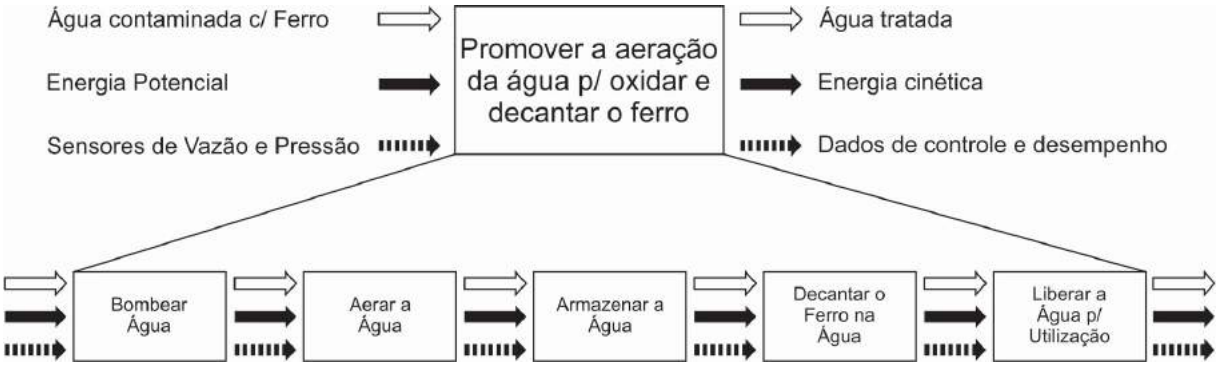



Figura 3. Estrutura de subfunções do equipamento

Posteriormente, foram esboçadas as possíveis formas de soluções para cada função específica do equipamento. Nesta estapa utilizou-se a matriz morfológica, mostrada na Tabela 1, que apresenta possíveis soluções para cada etapa do processo. Como resultado, foram alcançadas quatro soluções possíveis.

Tabela 1 – Matriz morfológica com as possíveis soluções

| | Princípio de Solução | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Função** | **Solução 1** | **Solução 2** | **Solução 3** | **Solução 4** |
| Bombear a água | Bomba Submersa | Bomba Centrífuga | Bomba fluxo axial | Motobomba (combustão) |
| Aerar a água | Aerador Industrial | Rotor de Pás | Tipo Cascata | Tipo Venturi |
| Armazenar a água p/ decantar | Tanque Cônico PVC | Tanque Cônico Inox | Tanque Retangular PVC | Tanque Retangular Inox |
| Leitura de desempenho | Sensores de Pressão e Vazão | | | |
| Liberar água p/ utilização | Por Gravidade | Bomba submersa | Bomba Centrífuga | Bomba Axial |
| Limpeza do tanque | Dreno e Abertura Superior | | Dreno e Abertura Lateral | |
| Energia | Solar | Elétrica | | Combustão |

## 3.r RESULTADOS

Após a conclusão das etapas citadas acima, colocaram-se os resultados no quadro de avaliação das soluções, para que fosse possível analisar o atendimento dos critérios condizentes com a lista de requisitos. Com isso, chegou-se a seguinte solução:

- Bombear a água: *bomba centrífuga.*
- Aerar a água: *aerador de tubo tipo venture.*
- Armazenar a água para decantar o ferro: *tanque cônico de PVC.*
- Leitura de desempenho: *sensores de pressão e vazão.*
- Liberar a água para utilização: *por gravidade.*
- Limpeza do tanque: *através de dreno, abertura lateral e superior do tanque.*
- Energia: *elétrica.*

De forma resumida o funcionamento do equipamento iniciará com a captação de água do subsolo, através de uma bomba centrífuga, a qual será recalcada por uma tubulação que terá um tubo do tipo venturi instalado no caminho da tubulação. Esse venturi, através da diferença de pressão ocasionada pelo estrangulamento em seu interior, puxará ar e o misturará à água que está fluindo em seu interior. Essa água, rica em oxigênio, será armazenada em um primeiro tanque, onde sofrerá o processo de oxidação do ferro e, posteriormente, sua decantação. O ferro acumulado no fundo será purgado por uma válvula quando for necessário. A água desse tanque também sofrerá o transbordo para um segundo tanque, que armazenará a água já filtrada pronta para a utilização em processos a que se destinam.

A tubulação terá sensores de pressão e vazão instalados ao longo de seu comprimento, para que seja feito o acompanhamento em tempo real da eficiência do equipamento. Ainda, os tanques terão uma tampa superior e mais uma tampa lateral em cada um, facilitando a sua limpeza interna A Figura 4 mostra o conceito alcançado para o equipamento.

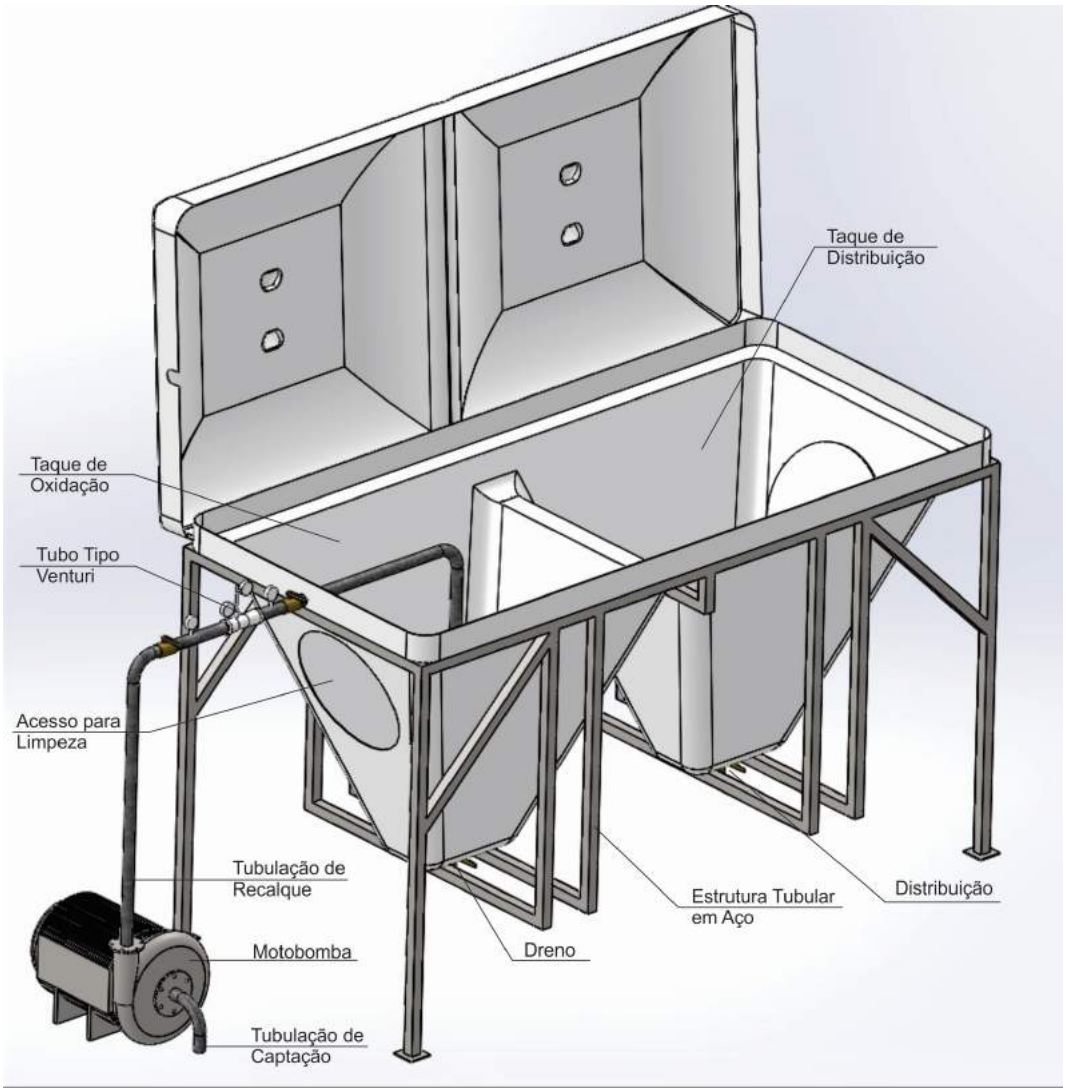



Figura 4. Esboço conceitual

Na Figura 5, observa-se o detalhe interno do tubo do tipo venturi. De forma resumida, o fluxo se dará da esquerda para a direita. Nota-se que há uma câmara, ligada a um tubo onde se dará a entrada de ar, de forma natural, pelo vácuo criado internamente no venturi. Com isso, o oxigênio será misturado à água no decorrer do fluxo dos fluídos, devido ao agitamento proporcionado ao final do estrangulamento.

Figura 5. Detalhamento interno do tubo tipo venturi

## 4.r CONCLUSÕES

Buscou-se, nesse trabalho, desenvolver, de maneira metódica, o conceito de um equipamento capaz de oxidar e decantar o ferro presente em águas subterrâneas.

O método de oxidação do ferro por aeração é um processo de baixo custo e acessível a pessoas e empresas quando comparado a outros métodos. Apesar disso, o custo construtivo e a demanda de espaço são fatores que sempre limitam sua implementação. Nesse sentido o trabalho buscou, também, baseado na metodologia de Pahl et. al (2005), um recurso para auxiliar na solução desse requisito.

A metodologia de projeto, dos autores citados anteriormente, é muito eficaz, pois possibilita ao projetista, através de uma sequência de decisões, a escolha de uma solução que atenda às exigências de projeto e requisitos dos usuários.

Por fim, diante das análises e resultados obtidos, pode-se confirmar a importância do emprego dessa metodologia e o conhecimento aprofundado gerado em torno da abordagem de um problema, validando assim seu uso e continuação das próximas fases no desenvolvimento de um produto.

## 5.r REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo, J. S. *Curso de Química para Engenharia: Volume III: Água*. 1ª ed. Editora Manole, Barueri, SP, 2014.

Braga, B. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ª ed. Editora Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2005.

Houghtalen, R. J. *Engenharia Hidráulica*. 4ª ed. Editora Pearson, São Paulo, 2012.

Lenzi, E.; Favero, L. O. B.; Luchese, E. B. *Introdução a Química da Água*. 1ª ed. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2011.

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusem, J.; Grote, K.H. *Projeto na Engenharia*. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

## 6.r TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM EQUIPAMENTO PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE IMPACTO EM COLUNA VERTEBRAL

**Mateus Marcon Simionato**
**Ademilson Setti**
**Rubens Meneguzzi**
**Márcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Júnior**

Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS: 99052-900
84369@upf.br; 82068@upf.br; 133160@upf.br; mwalber@upf.br; agenor@upf.br

***Resumo.*** *Conhece-se muito sobre as propriedades dos materiais utilizados usualmente em projetos mecânicos, existem ensaios e metodologias de ensaios padronizadas para caracterizar o comportamento de diversos tipos de materiais, em uma infinidade de situações, desde carregamentos estáticos à carregamentos dinâmicos. Contudo, pouco se conhece sobre como sistemas biológicos se comportam devido à carregamentos mecânicos. Alguns trabalhos já estão sendo feitos e apresentam ensaios de tração, flexão e fadiga em colunas vertebrais, onde os autores utilizam de máquinas de ensaio existentes para determinar as propriedades mecânicas naquele tipo de carregamento. O intuito desse artigo é desenvolver o conceito de um equipamento para ensaio de impacto em colunas vertebrais, utilizando a fase de planejamento e a fase de concepção da metodologia proposta por Pahl e Beitz (2005). Como resultado tem-se a criação de uma lista de requisitos, o estabelecimento de variantes de solução e, por fim, a determinação da concepção do equipamento. Através desse desenvolvimento, um novo entendimento do mecanismo de fratura por impacto e da biomecânica da coluna vertebral poderá ser adquirido, inclusive para fins de testes in natura e de novos procedimentos cirúrgicos.*

***Palavras Chave:*** *Ensaios de Impacto; Coluna Vertebral; Biomecânica; Ensaios Mecânicos; Desenvolvimento de Produto.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Fernandes (2012) o mecanismo de trauma mais frequente em colunas vertebrais é o devido à queda em altura, que ocorre em cerca de 40% dos casos, seguido de longe por acidentes automobilísticos com 22,9%. O mesmo autor ainda afirma que o nível vertebral mais acometido é o L1, com 11,4% dos casos. Esses dados nos afirmam a importância do estudo do impacto e dos mecanismos de fraturas gerados por ele, na porção toracolombar da coluna humana.

Existem poucos estudos relacionando cargas dinâmicas aplicadas na coluna vertebral com suas falhas, em um desses estudos Rizzi (2017) mostra o comportamento da coluna vertebral quando submetida a um carregamento cíclico. Da mesma forma, existem poucos estudos de carregamentos instantâneos na coluna vertebral, ou seja, cargas de impacto, sendo que a maioria dos estudos existentes mostram somente o mecanismo de fratura que ocorre na porção cervical da coluna, devido a acidentes automobilísticos, Happe *et. al*. (2001) e Esat e Acar (2007).

Sabendo da importância do estudo do impacto na coluna vertebral, o artigo tem como objetivo geral o desenvolvimento da concepção de um equipamento para testes de impacto em coluna vertebral, utilizando-se da metodologia de projetos proposta por Pahl *et al* (2005), composta por quatro fases, como pode ser observado na Fig. 1.

A escolha por essa metodologia se deve pelo fato de ela ser focada no desenvolvimento do produto, não se atendo nas fases de vendas e pós-vendas, já que o equipamento será utilizado em laboratórios. Nesse trabalho apenas as duas primeiras fases da metodologia serão utilizadas, tendo assim como resultado da primeira fase a criação de uma lista de requisitos e na segunda fase a criação de uma estrutura de funções, variantes de solução e, por fim, a escolha da melhor concepção.

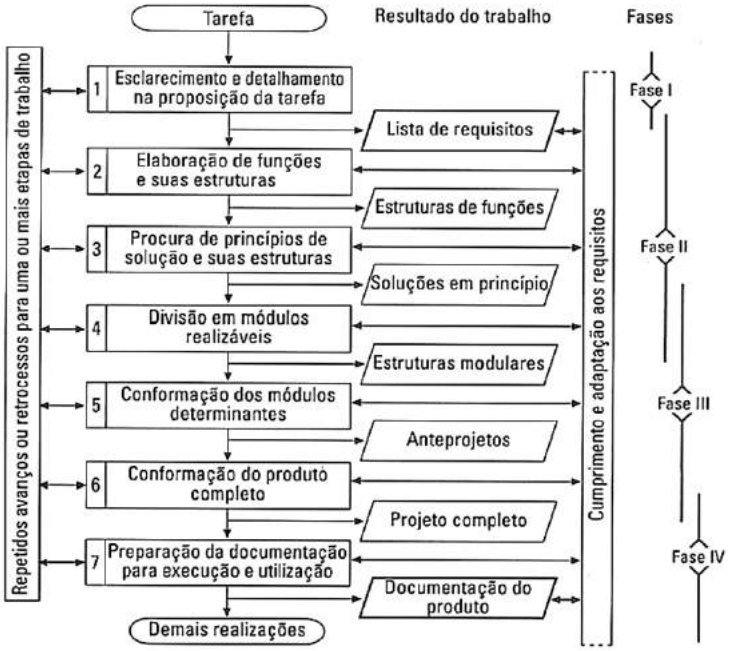


Figura 1 - Metodologia de Pahl et al

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do conceito do equipamento de impacto para testes em coluna vertebral foram utilizadas as duas primeiras fases propostas por Pahl *et al*. (2005). Buscou-se com a utilização dessas fases a determinação correta do planejamento da tarefa a ser desenvolvida, a criação de uma lista de requisitos, as funções requeridas para o equipamento, o atendimento dessas funções e a criação de um conceito de produto que atende ao proposto.

### 2.1 Planejamento do produto

Partindo-se do princípio que o equipamento será utilizado em laboratórios de ensaios mecânicos, as dimensões do equipamento não podem ser demasiadamente grandes. Para a determinação dessas medidas, da altura de impacto e da massa que irá impactar os corpos de prova, utilizou-se o que foi apresentado nos trabalhos citados anteriormente.

Além dessas características buscou-se acrescentar à lista de requisitos outras, que não são tão óbvias no começo do desenvolvimento de um novo produto, mas que podem ajudar o projetista a desenvolver um produto mais seguro, durável e de qualidade. Para isso utilizou-se uma adaptação da linha mestra, proposta por Pahl e Beitz (2005), Fig. 2.

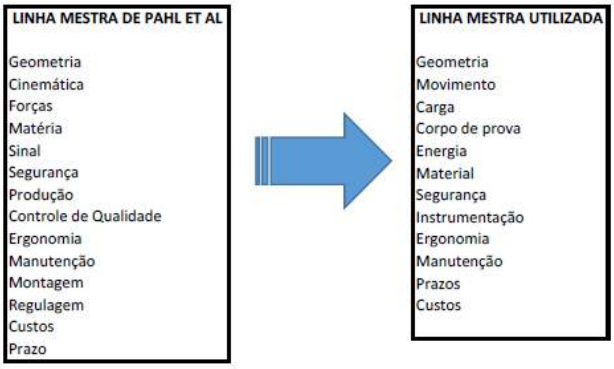


Figura 2. Linha Mestra do Produto

### 2.2 Lista de Requisitos

Utilizando-se a linha mestra montou-se a lista de requisitos do produto, que está exposta na Tab. 1. Os requisitos foram classificados em: E – Exigência, ou seja, o que deve ser cumprido; DA – Desejo alto, ou seja, não é uma obrigação mas existe uma vontade muito grande que o requisito seja cumprido; e DB – Desejo baixo, ou seja não é uma obrigação, mas existe uma pequena vontade que seja cumprido.

Tabela 1. Lista de requisitos do produto

| LINHA MESTRA | DB/DA/E | REQUISITOS |
|---|---|---|
| Geometria | E | Possuir medidas laterais máximas de 1 metro |
| | DA | Possuir altura máxima de 3 metros |
| Movimento | E | Massa deve ser liberada de altura controlada |
| | E | O sistema deve possuir baixo atrito |
| | DA | A movimentação da massa de impacto deve ser linear |
| Carga | E | Carga deve ser aplicada instantaneamente (impacto) |
| | E | A massa pode ser modificada entre um teste e outro |
| | DA | A massa pode ser aumentada de 0.5kg em 0.5kg |
| | DA | A massa máxima é de 50kg |
| Corpo de prova | E | Possuir fixação para coluna vertebral |
| | DB | Largura máxima do corpo de prova de 0.5 metros |
| | DA | Altura máxima do corpo de prova de 1 metro |
| | DA | Possibilidade de ser testado em outros materiais |
| Energia | E | A carga deve ser elevada até a altura máxima em 0.5 minutos |
| | E | A carga deve ser elevada sem grande esforço do operador |
| Material | E | O material em contato com o corpo de prova não pode oxidar |
| | E | O material da estrutura deve possuir rigidez para suportar as cargas |
| Instrumentação | DB | A deformação do corpo de prova deve ser medida |
| | DA | A carga aplicada no momento do impacto deve ser medida |
| Segurança | E | O equipamento deve atender requisitos da NR12 |
| Ergonomia | DA | Os acionamentos devem estar em posições com boa ergonomia |
| Manutenção | DA | O intervalo de manutenção preventiva deve ser maior que 6 meses |
| Prazos | E | O projeto detalhado deve estar pronto até setembro de 2018 |
| Custos | DA | O custo máximo do equipamento deve ser de R$ 3000,00 |

## 2.3 Concepção

Após a lista de requisitos estar definida passou-se para a segunda fase da metodologia de Pahl et al. (2005), estabelecendo a concepção do produto. Utilizando-se da lista de requisitos e a ferramenta de abstração, proposta pelos autores, se definiu a função global que o produto deve cumprir, o fluxograma da Fig. 3 apresenta as entradas, saídas e a função global encontrada, assim como as subfunções necessárias para o atendimento da função principal.

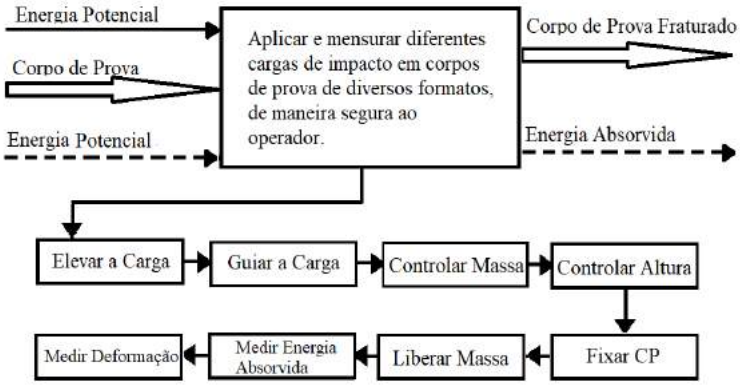



Figura 3. Função Global do Produto e Subfunções

## 2.4 Variantes de solução

Através das subfunções encontradas, se criou a matriz morfológica de solução, onde foram encontradas soluções para cada subfunção requerida para o atendimento da função global proposta anteriormente. A matriz morfológica pode ser vista na Fig. 4.

Figura 4. Matriz morfológica das subfunções

Com base na análise das possíveis soluções de cada subfunção, considerando o atendimento a lista de requisitos, a facilidade de produção, o custo, o nível de precisão e a facilidade de operação, chegou-se a duas variantes, denominadas V1 e V2, sendo a variante V1 composta pelas seguintes características:

- Elevar a Carga: Motor Elétrico + Cabo de aço;
- Guiar a Carga: Barras Redondas + Rolamentos Lineares;
- Controlar a Massa: Peças Projetadas;
- Controlar Altura: Régua Graduada;
- Fixar Corpo de Prova: Base Metálica + Resina Dental;
- Liberar Massa: Acionamento Mecânico;
- Medir Energia Absorvida: Célula de Carga;
- Medir Deformação: LVDT.

E a variante V2:

- Elevar a Carga: Catraca + Cabo de aço;
- Guiar a Carga: Barras Redondas + Rolamentos Lineares;
- Controlar a Massa: Peças Projetadas;
- Controlar Altura: Régua Graduada;
- Fixar Corpo de Prova: Base Metálica + Resina Dental;
- Liberar Massa: Acionamento Mecânico;
- Medir Energia Absorvida: Célula de Carga;
- Medir Deformação: LVDT.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da lista de requisitos, criada na fase de planejamento do produto, e das escolhas de soluções na matriz ordenadora, houve a criação de duas variantes de solução, V1 e V2, onde a primeira tem o levantamento da carga efetuado por um motor elétrico e a segunda tem como princípio o uso de uma catraca mecânica simples. Um layout preliminar básico dessas variantes sé apresentado em Fig. 5.

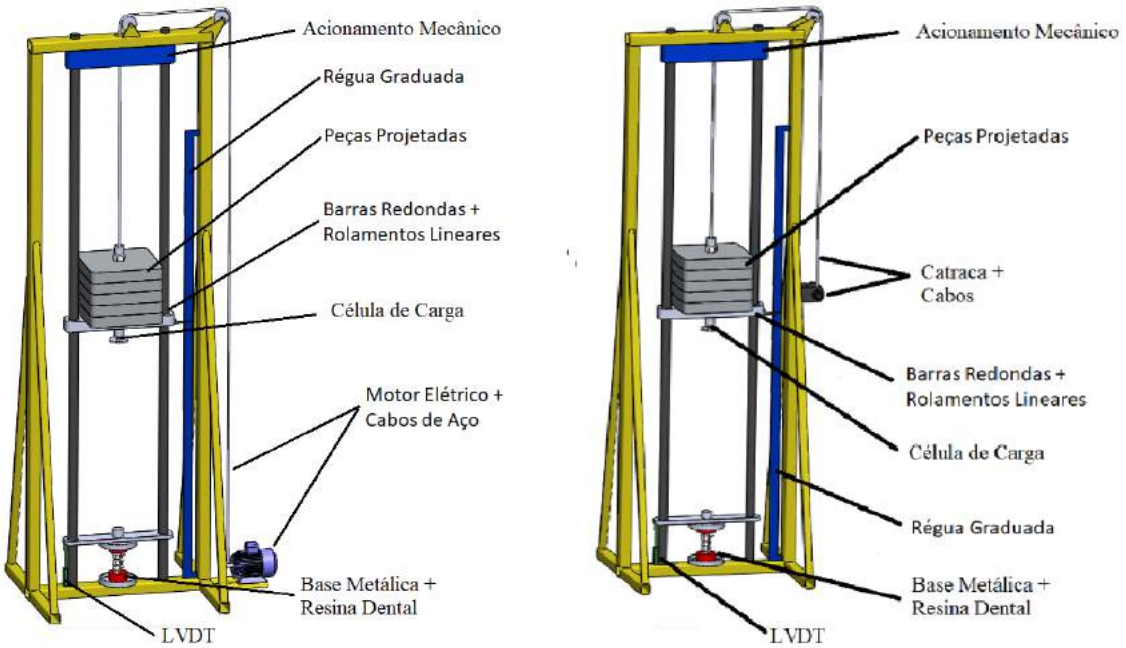



Figura 5. Concepção da variante V1 (esq.) e V2 (dir.)

O funcionamento das duas variantes consiste no levantamento de uma massa controlada, até uma altura requerida no ensaio. O controle dessa massa se dá pela utilização de peças projetadas com uma massa determinada, que pode variar de 0,5 kg em 0,5 kg, como decidido na lista de requisitos. Já o controle da altura se dá por uma régua graduada, na lateral do equipamento, atendendo também a lista de requisitos, como na Fig. 6.

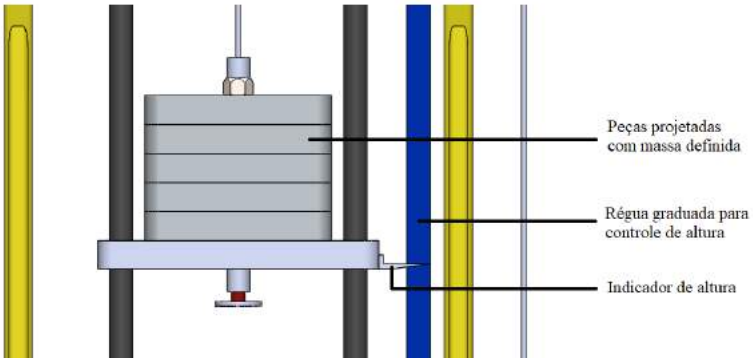



Figura 6 - Controle de massa e altura

Após a massa estar na altura desejada, o corpo de prova deve ser fixado no equipamento, isso ocorre através de uma base metálica rígida e suportada na posição por uma resina dental em ambas as extremidades. A base metálica superior é montada ainda em uma chapa que guiará a deformação do corpo de prova. A base metálica de ambos os lados pode ser removível, possibilitando a utilização de outros modelos de corpo de prova, como na Fig. 7.

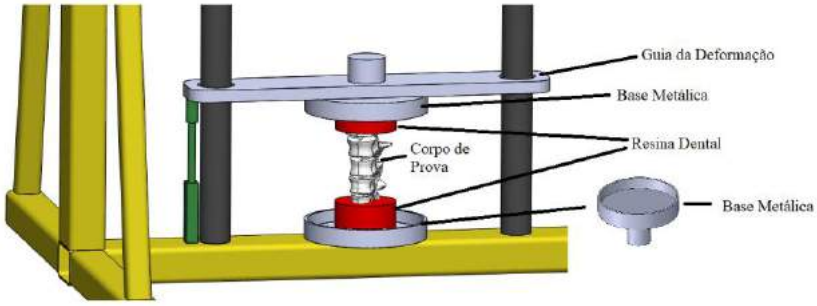



Figura 7 - Fixação do corpo de prova

Com o corpo de prova fixado, a massa é liberada por um sistema mecânico a ser desenvolvido ainda na etapa de projeto preliminar, mas que deve ser de simples construção e fácil operação. Um possível sistema de pino e mola pode ser utilizado para este fim.

Finalmente no momento de impacto, a energia absorvida é medida através de uma célula de carga localizada na ponta do impactador, revelando assim a carga no momento do impacto. Além da energia, é possível ainda verificar a deformação do corpo de prova através de um sensor LVDT instalado na chapa que serve de guia para o deslocamento do corpo de prova. Na Fig. 8 observam-se esses dispositivos no momento logo anterior ao impacto.

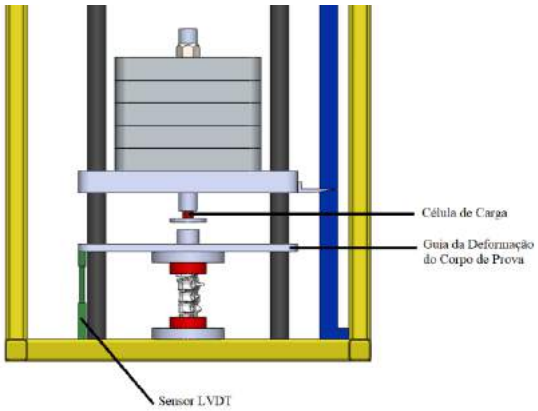



Figura 8 - Controle de força de impacto e deformação

Com os layouts criados para as duas variantes o projetista tem uma base bastante sólida para a continuidade e sucesso do projeto e desenvolvimento do produto. Outros requisitos, como a adaptação de normas de segurança, escolha de materiais a serem utilizados e custos deverá ser realizada nas fases seguintes de projeto preliminar e detalhamento.

## 4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento da concepção de equipamentos seguindo as fases de uma metodologia, nesse caso as duas primeiras fases propostas pela metodologia de desenvolvimento de produto de Pahl et al. (2005), teve como objetivo principal criar uma concepção que sirva como uma base sólida para o restante do desenvolvimento do produto pelo projetista.

Além desse desenvolvimento mais seguro e concreto, com a aplicação de uma metodologia, existe um melhor controle de todas as fases do projeto, sabendo-se o que deve ser entregado, quais os requisitos exigidos e quais os desejos. O histórico das informações geradas na utilização de métodos é outro ponto que apresenta grande vantagem para projetos posteriores.

Conclui-se assim que a utilização de metodologias de planejamento e desenvolvimento de produtos apresentam diversas vantagens, e nesse artigo, auxiliou na criação de informações para o desenvolvimento do projeto preliminar e do detalhamento do equipamento de ensaios de impacto em coluna vertebral.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESAT, Volkan. ACAR, Memis. *A Multi-Body Model of the Whole Human Spine for Whiplash Investigations.* United Kingdom: Loughborough University, 2007.

Fernandes, Rony Brito. et al. *Estudo clínico epidemiológico das fraturas da coluna vertebral*. São Paulo: Revista da Coluna, 2012.

Happe, R. et al. *Simulation of rear end impact with a full body human model with a detailed neck: role of passive muscle properties and initial seating posture*. Amsterdan: ESV 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, held, 2001.

Pahl, Gerhard., Beitz, Wolfgang., Feldhusem, jörg. e Grote, Karl H. *Projeto na Engenharia*. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

Rizzi, Tiago. Monografia: *Avaliação da resistência a fadiga em coluna vertebral lombar e padrões de fraturas associados.* Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2017.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM SISTEMA DE ENGATE RÁPIDO PARA TRATOR-IMPLEMENTO

**Rubens Meneguzzi**
**Ademilson Setti**
**Mateus Simionato**
**Marcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Junior**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
133160@upf.br; mwalber@upf.br; agenor@upf.br

***Resumo.*** *O presente trabalho visa desenvolver um conceito e explicar o funcionamento de um sistema de engate rápido para trator-implemento, cuja finalidade é dar maior agilidade e segurança no processo, garantindo uma operação de trator-implemento com qualidade. Nos dias atuais a demora no acoplamento de implementos e o risco de acidentes são alguns problemas enfrentados pelo agricultor. Por isso surge a necessidade de sistemas de acoplamento automáticos, ao qual possibilitam uma redução de tempo de acoplamento para o agricultor. Para a solução de tal problema, será realizado um projeto de um conceito de Sistema de engate rápido trator-implemento, ao qual substituirá o processo convencional. O projeto será elaborado seguindo uma metodologia de desenvolvimento de produto, onde possibilitara analisar várias soluções. Ao final do trabalho obtém-se um modelo otimizado do conceito de sistema de engate rápido trator-implemento onde permite uma análise para a sequência de desenvolvimento do produto.*

***Palavras chave:*** *Trator agrícola; metodologia de desenvolvimento de produtos; engate rápido; projeto.*

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é desenvolver um conceito de Sistema de engate rápido para trator-implemento agrícola de 50 cv a 90 cv onde compreendem a categoria II de potência de trator. Para isso utilizou-se uma metodologia de desenvolvimento de produto para desenvolver tal conceito, onde apresentou-se variantes de soluções e um processo de avaliação do conceito.

O sistema hidráulico de levante aos três pontos de um trator é responsável pela movimentação vertical de implementos agrícolas, através da transmissão de uma força por meio do fluxo de óleo sob pressão. Isso deve proporcionar uma capacidade de levante compatível com as necessidades do agricultor, que muitas vezes seleciona um trator apenas avaliando sua potência motora BIANCHINI (2002). Nesse contexto, os tratores agrícolas de dividem em 4 categorias, conforme sua potência. A norma que regulamenta as categorias de trator é NBR ISO 730 que trata das dimensões e os requisitos de engate de três pontos para o acoplamento de implementos ou equipamentos na traseira do trator agrícola. Para o estudo foi analisado o banco de dados da ANFAVEA, que é a associação dos fabricantes de veículos automotores. Com essas informações observou-se 16 marcas de tratores nacionais, totalizando 240 modelos. Avaliou-se os itens de capacidade de levante (kg) e potência (kW), sendo a última classificada quanto sua classe. Para a categoria de potência II foi constatado 96 modelos de tratores.

Implementos montados são ligados diretamente aos três pontos do trator, O acoplamento ocorre da seguinte maneira: executa-se a união dos braços inferiores do trator aos pontos inferior do implemento e posteriormente o terceiro ponto. Os implementos montados podem desempenhar a função de transportar grãos, tracionar subsoladores, e aplicar de fertilizantes através de pulverizadores montados. O seu levantamento e abaixamento se dá pelo sistema hidráulico. Destacam-se implementos montados com a presença de TDP.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias no mercado de maquinas agrícolas, é possível notar um grande potencial em desenvolver produtos que possibilitem trabalhar com o maquinário de forma mais eficiente. Segundo Pahl et al. (2005), a grande importância do desenvolvimento de um produto no momento certo e que desperte interesse por parte do mercado, torna-se necessário um procedimento para desenvolvimento de boas soluções, que seja planejável, flexível, otimizável e verificável.

Pahl et al. (2005) definem que o desenvolvimento do projeto de um produto é composto por quatro fases principais: Esclarecimento e definição metódica da tarefa, métodos para concepção, metodologias para anteprojeto e métodos para o detalhamento. A partir da aplicação destas fases, ocorre o aumento das possibilidades de desenvolvimento de um produto final de sucesso, ou seja, o produto final será coincidente com o desejo inicial.

## 2 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM SISTEMA DE ENGATE RÁPIDO PARA TRATOR-IMPLEMENTO

O conceito do sistema de engate rápido para trator-implemento será elaborado seguindo uma descrição de metodologia de projeto descrito por Pahl et al. (2005). A utilização de um método de projeto é importante, pois proporciona o planejamento, a análise de ferramentas e processos, métodos e configuração otimizada de sistemas complexos [Pahl et al., 2005]. O produto a ser desenvolvido é um sistema totalmente compatível à utilização de métodos de projeto e desenvolvimento de produto. O conceito será desenvolvido a partir das quatro fases já mencionadas, abordando as Fases de Planejamento e concepção. Sendo assim, o mesmo apresentará uma possível solução para a tarefa estipulada. As principais etapas do processo serão: elaboração da lista de requisitos, onde, a partir das características determinadas por uma linha mestra, define-se as especificações de projeto que devem ser observadas durante o desenvolvimento. Determinação da estrutura funcional, onde através da avaliação de entradas e saídas, partindo de uma função global desdobrada em subfunções, define-se a sequência para cumprir a tarefa desejada. Por fim, é realizado o processo de busca de solução para combinar princípios de funcionamento, através de uma matriz ordenadora, gerando variantes de solução passiveis de avaliação.

### 2.1 Fase 1: Planejamento

Existe a necessidade inicial de se esclarecer e formular a tarefa e consequentemente seus detalhes para que o início do processo de projeto não tenha problemas e tenha que ser reformulado posteriormente. O resultado do esclarecimento e do planejamento é uma tabela que indicará os conteúdos essenciais e secundários do projeto. Visando uma solução para o problema de acoplamento de implementos, onde o processo convencional é lento e exige a necessidade de uma pessoa realizar o processo manual, realizou-se um estudo mais profundo do assunto e suas variáveis, além dos componentes do sistema hidráulico envolvido com a intenção de entender melhor o seu funcionamento e viabilizar o projeto.

Em primeira instância, tem-se o objetivo de desenvolver um mecanismo que seja capaz de atender a alguns requisitos mínimos: reduzir o tempo de acoplamento e proporcionar uma maior segurança aos operadores de máquinas no processo de utilização do trator-implemento. Como a maioria dos tratores agrícolas produzidos Brasil não possuem um mecanismo com o objetivo específico de acoplar de maneira rápida o implemento, quando se realiza às operações agrícolas acredita-se que o projeto é inovador.

Avaliando as informações de como o sistema de engate rápido deva funcionar, elabora-se uma lista que demostra os requisitos que o protótipo deve apresentar. É importante ressaltar que nesta lista, não são apresentadas soluções e sim aspectos quantitativos e qualitativos. A lista de requisitos será elaborada a partir de do método de Pahl et al. (2005).

O Quadro 1 apresenta a lista de requisitos do projeto, a mesma foi montada a partir do que se espera para o produto, neste caso um sistema de engate rápido para trator implemento.

| | | **Lista de requisitos para um sistema de engate rápido** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **DATA** | **E/D** | | **E/D** | | |
| | | **1- GEOMETRIA** | | **5- SEGURANÇA** | |
| 15/05/2018 | E | Ser soldado no braço do trator | E | Atender as normas vigentes de segurança | |
| 15/05/2018 | E | Engatar nos dois pontos inferior do implemento | E | Proteção aos operadores | |
| 15/05/2018 | D | Peso máximo de 40 kg | E | **6- ERGONOMIA** | |
| 15/05/2018 | E | Gatilho de travamento automático | E | Eliminar a segunda pessoa para ajudar no acople | |
| 15/05/2018 | E | Dimensões máximas A= 180 mm; C=250 mm; L=40 mm | | **7- PRODUÇÃO** | |
| | | **2- CINEMÁTICA** | **E** | Fabricação simples | EQUIPE DE ENGENHARIA |
| 15/05/2018 | E | Acionamento através do levante hidráulico | E | Custo de produção menor que R$ 800,00 | |
| 15/05/2018 | E | Velocidade de acople limitada pelo trator | | **8- CONTROLE DE QUALIDADE** | |
| 15/05/2018 | D | Tempo do acoplamento ( max. 1 minuto) | E | Teste em campo min. 3 hrs | |
| | | **3- MODELO** | **E** | Inspeção de segurança antes da entrega | |
| 15/05/2018 | E | Acoplamento no implemento e fixação do mesmo | E | Inspeção e credenciamento dos fornecedores de matéria-prima | |
| 15/05/2018 | E | Atender normas regulamentadoras | | **9- MANUTENÇÃO** | |
| | | **4- FORÇAS** | **E** | Livre de revisão | |
| 15/05/2018 | E | Capacidade mínima de levante 4000 Kgf | E | Graxeiras | |

Quadro 1-Lista de requisitos para um sistema de engate rápido

### 2.2 Fase 2: Concepção

Com a definição da lista de requisitos, visa-se a seguir uma projeção de solução para o projeto. Com isso, será feita a análise das funções do produto para a relação de entradas e saídas do processo. Após determinado quais são os fluxos de entrada e saída forma-se uma função global do produto cuja sua característica é a de **acoplar implementos de forma automática.** Baseado nisto, chegou-se ao seguinte fluxograma da Figura 1 onde apresenta também as subfunções do processo.

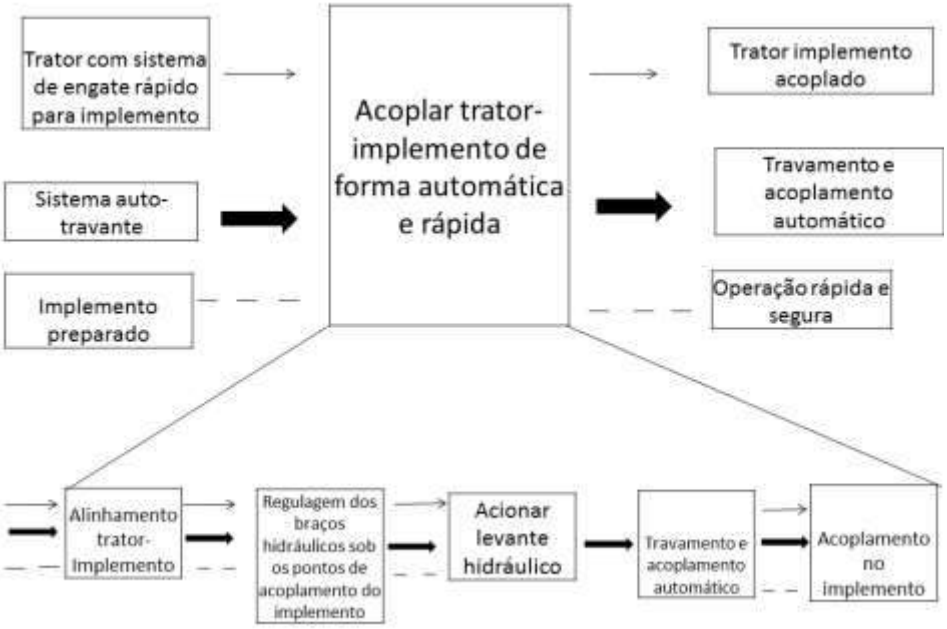



Figura 1-Entradas e Saídas do processo

Como pode-se observar na Figura 1 para poder realizar o acoplamento é necessário que o trator esteja com o sistema de engate rápido acoplado, que o implemento agrícola esteja preparado para receber o acoplamento e que o gatilho seja do tipo auto-travante para facilitar o processo. Seguindo essas orientações na saída do processo encontra-se o trator acoplado ao implemento de forma rápida e segura, otimizando o processo. Esse processo ganha praticidade e agilidade devido a forma construtiva do gatilho, que realiza o processo de autotravamento do sistema, eliminado a necessidade de ter uma segunda pessoa junto ao implemento agrícola para fazer essa união.

#### 2.2.1 Desenvolvimento da estrutura de funcionamento

Após definir a função global e as principais funções, pode-se caracterizar cada uma delas a seguir: **Alinhamento trator-implemento**: O operador do trator alinha o trator com o implemento agrícola. O alinhamento é baseado nos braços hidráulicos do trator que estão com um sistema de engate rápido em suas extremidades, com os pontos inferiores de acoplamento do implemento. **Regulagem dos braços hidráulicos sob os pontos inferiores do implemento:** Os braços hidráulicos devem estar na posição próxima ao solo, ou seja, devem estar totalmente baixos para que consigam ficar alinhados sob os pontos inferiores do implemento agrícola. **Acionar o levante hidráulico:** Após o sistema de engate rápido estar alinhado sob o implemento agrícola é necessário acionar o levante hidráulico para acoplar os braços no implemento. **Sistema auto-travante:** Quando o operador esta acionando o levante hidráulico, o sistema de engate rápido vai se aproximando do pino de acoplamento do implemento. Ao chegar ao pino existe um sistema que bate no pino do implemento, se recolhe e após a passagem retorna na posição original realizando o travamento automático. **Implemento acoplado de forma rápida e segura:** Após realizar as operações citadas anteriormente encontramos o trator acoplado ao implemento agrícola de forma rápida e segura, sem auxilio de uma segunda pessoa entre os mesmos para realizar a união.

Esclarecidas as funções de cada etapa relacionada ao protótipo passa-se então a próxima etapa que visa esboçar as possíveis formas de solução para cada função específica do protótipo. Para auxiliar nestes princípios de soluções será utilizada uma matriz morfológica, que tem a função de apresentar possíveis formas de solução para cada parte do projeto. A seguir tem-se o Quadro 2 que representa a matriz morfológica do protótipo em questão:

| Função | Solução 1 | Solução 2 | Solução 3 | Solução 4 |
|---|---|---|---|---|
| Alinhamento Trator-implemento | Barras estabilizadoras hidráulicas | Barras estabilizadoras com rosca | Barras ocas com acionamento manual no trator | Barras com regulagem elétrica |
| Regulagem dos braços hidráulicos sob os pontos do implemento | Acionamento hidráulico do trator | Sensores elétricos | | |
| Acionar levante hidráulico | Acionamento hidráulico do trator | Acionamento elétrico | | |
| Gatilho bate no pino de acoplamento se recolhe e volta a posição original | Gatilho com mola | Gatilho com mola a gás | Gatilho com cilindro hidráulico | Gatilho em forma de alicate |
| Travamento de segurança | Pino mecânico | Cilindro hidráulico | Sensor elétrico | |

Quadro 2- Matriz morfológica

Baseando-se nesta matriz, procura-se definir o maior número de soluções cabíveis ao projeto.

### 2.2.2 Seleção de estruturas de funcionamento

Após serem identificadas as soluções para as funções principais do produto é necessária uma avaliação minuciosa para que a escolha seja feita corretamente. Então, através de uma lista de seleção esboça-se a capacidade de solução que cada princípio possui. Neste caso específico serão colocados os seguintes critérios para analise: Há conformidade com a lista de requisitos?; Atende a requisitos de Segurança?; Custo reduzido de produção?; Atende a requisitos ambientais?; Pode ser implantado facilmente?

Através da avaliação da lista de soluções mencionadas no Quadro 2 pode-se realizar uma primeira analise preliminar para indicar quais combinações de soluções podem avançar como conceito e tornar-se um produto funcional. No Quadro 3 são apresentadas todas as opções de soluções que foram descritas no quadro 3, totalizando em 9 variantes de soluções de conceito de sistema de engate rápido para trator-implemento.

Quadro 3-Combinações de soluções

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a combinação das 9 variantes de solução, escolheu-se as variantes que atendessem todos os critérios, onde estes critérios descritos acima. Nem todos os princípios de solução vão satisfazer todas as exigências propostas. Então, buscam-se as que melhor tiverem relação com o projeto. Para continuar o processo de determinação do conceito de sistema de engate rápido para trator-implemento, descartou-se as variantes que não atendesse ao menos 3 dos critérios exigidos. Com isso avança-se com 2 variantes de solução, que são as variantes 1 e 7, ao qual estão detalhadas a seguir: Variante de solução 1: **Alinhamento trator-implemento:** Barras estabilizadoras hidráulicas; **Regulagem dos braços hidráulicos sob os pontos de acople do implemento:** Acionamento hidráulico dos braços hidráulicos; **Acionar levante hidráulico:** Acionamento hidráulico do trator; **Sistema auto-travante:** Gatilho com mola; **Travamento de segurança:** Pino mecânico. A variante de solução 7 ficou a seguinte: **Alinhamento trator-implemento:** Barras

estabilizadoras hidráulicas; **Regulagem dos braços hidráulicos sob os pontos de acople do implemento:** Acionamento hidráulico dos braços hidráulicos; **Acionar levante hidráulico:** Acionamento hidráulico do trator; **Sistema auto-travante:** Gatilho com cilindro hidráulico; **Travamento de segurança:** cilindro hidráulico.

Para uma melhor decisão do modelo a ser escolhido para representar o conceito de sistema de engate rápido para trator-implemento,onde ponderou-se da seguinte maneira: Baixa complexidade de montagem, onde 5 é o melhor cenário e 0 o pior; Menor custo de produção, onde 5 é o melhor cenário e 0 o pior; Pequena diversidade de peças, onde 5 é o melhor cenário e 0 o pior; Segurança na operação, onde 5 é o melhor cenário e 0 o pior; Engatar todos os tipos de implementos, onde 5 é o melhor cenário e 0 o pior; Baixa manutenção, onde 5 é o melhor cenário e 0 o pior.

Tendo em vista os pontos descritos anteriormente desenvolveu-se a Tabela 1, onde pode-se realizar a classificação das variantes, e pode-se escolher a que melhor se adapta a situação desejada.

Tabela 1-Processo de seleção

| CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO | | | PARÂMETRO | VARIANTE 1 | | | VARIANTE 7 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **NR.** | **CARACTERÍSTICAS** | **FATOR** | **NOME** | **ÍNDICE** | **VALOR** | **VALOR PONDERADO** | **PROPRIEDADE** | **VALOR** | **VALOR PONDERADO** |
| **1** | Baixa complexidade de montagem | 0.15 | Facilidade de montagem | Baixo | 4 | 0.6 | Médio | 3 | 0.45 |
| **2** | Menor custo de produção | 0.25 | Custo de produção | Baixo | 4 | 1 | Médio | 3 | 0.75 |
| **3** | Pequena diversidade de peças | 0.15 | Diversidade de componentes | Médio | 3 | 0.45 | Médio | 3 | 0.45 |
| **4** | Segurança na operação | 0.3 | Segurança no acople | Médio | 3 | 0.9 | Alta | 4 | 1.2 |
| **5** | Engatar todos tipos de implementos | 0.1 | Universalidade | Alta | 4 | 0.4 | Alta | 4 | 0.4 |
| **6** | Baixa manutenção | 0.05 | Manutenção | Baixo | 4 | 0.2 | Médio | 3 | 0.15 |
| | **Total** | **1** | | **Total** | **22** | **3.55** | | **20** | **3.4** |

Observa-se que na Tabela1 é um processo de somatório de valores atribuídos a cada variante com relação ao seu desempenho na situação exigida. O objetivo do processo de avaliação proposto na Tabela 1 é poder mensurar qual variante apresenta melhores condições de ser implementada. Analisa-se que a variante alcançou 22 pontos em relação a variante 7 que alcançou 20 pontos. Depois de realizado a avaliação das duas variantes de solução descritas na, constatou-se que a variante 1 apresentou um melhor desempenho nos quesitos avaliados, sendo que o objetivo era somar o máximo de pontos possível. Com isso avançou-se na modelagem dos principais conceitos da variante de solução1. A Figura 2 mostra a união das soluções encontradas e demonstra a variante do sistema de engate rápido trator-implemento.

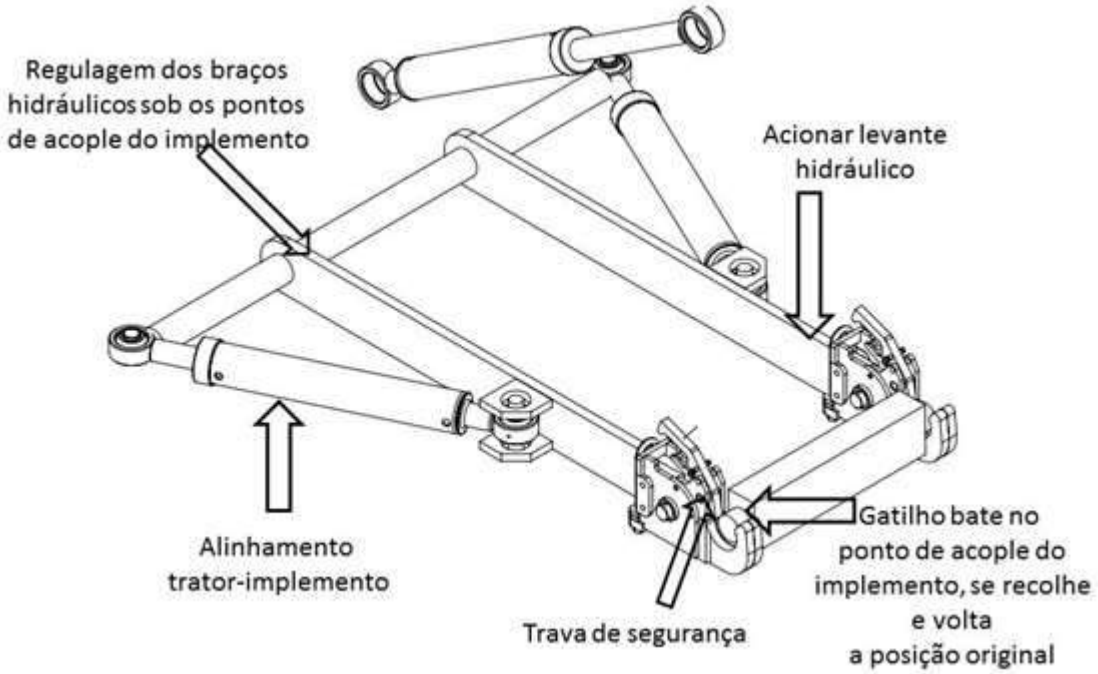



Figura 2- Variante escolhida

Através do estudo realizado para a determinação das melhores combinações obteve-se resultados para cada função do equipamento, visando suprir as necessidades da lista de requisitos e consequentemente as exigências dos clientes. O

funcionamento básico de cada componente é descrito de forma sucinta para que se tenha o entendimento de como o conceito deve se comportar quando montado. Basicamente o funcionamento será da seguinte forma: **Alinhamento trator-implemento:** o operador do trator aciona as barras estabilizadoras hidráulicas que são colocadas no lugar das barras estabilizadoras originais. Estas barras permitem o movimento lateral dos braços hidráulicos do trator, possibilitando o alinhamento dos mesmos junto ao implemento. **Regulagem dos braços hidráulicos sob os pontos de acople do implemento:** os braços hidráulicos do trator possuem movimento vertical de acionamento hidráulico no próprio trator. Utiliza-se o próprio sistema para fazer a regulagem dos /braços sob os pontos de acoplamento do implemento agrícola, ou seja aciona-se o movimento de descida dos braços hidráulicos. **Acionar levante hidráulico:** após os braços estarem alinhados e sob os pontos de acoplamento do implemento, aciona-se a subida do sistema pela mesma função de descida dos braços. Ao realizar o movimento de subida o sistema de engate rápido realizara o acoplamento. **Sistema auto-travante**: durante o processo de subida do conjunto o sistema de engate rápido possui um sistema de gatilho auto-travante. Esse gatilho bate no ponto de acoplamento do implemento, se recolhe e após a passagem retorna a posição inicial realizando o travamento. Foi alojado nos pontos de acoplamento do implemento agrícola um olhal, onde tem função de suavizar o acoplamento. O gatilho retorna a posição inicial através de uma mola que realiza o movimento de recuo e avanço. **Travamento de segurança:** após descrito o processo acima a operação de acoplamento trator-implemento está completa, porem disponibiliza-se um sistema de trava de segurança para fixar o movimento do gatilho eliminando qualquer possibilidade de desacoplamento.

## 4 CONCLUSÕES

Com o presente trabalho, chegou-se até um conceito de um sistema de engate rápido entre trator e implemento, onde a partir de soluções geradas através de uma matriz morfológica, foi possível estabelecer variantes de solução, seguindo os requisitos escolhidos para o projeto, padrões de segurança mínimos e custos de produção. As variantes escolhidas foram duas que apresentaram melhor resultado na matriz morfológica, onde realizou-se uma segunda avaliação para poder chegar uma solução satisfatória em relação aos requisitos de projetos citados neste trabalho, que serviram de base para as soluções. Como a variante de solução escolhida foi baseada em materiais e peças que já são comuns no uso de cada Subfunção apresentada, espera-se que a mesma apresente, na fase de projeto, uma resposta adequada sem mudanças significativas do protótipo.

## 5 REFERENCIAS

ANFAVEA Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, anuário de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBRISO 730**:** Tratores agrícolas de rodas - Engate traseiro de três pontos - Categorias 1 N, 1, 2 N, 2, 3 N, 3, 4 N e 4**.** Rio de Janeiro, p. 16. 2011.

BIANCHINI, Aloisio. **Máquinas agrícolas**. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Departamento de Solos e Engenharia Rural, 2002. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAcq0AL/ trator-maquinas-agricolas>. Acesso em: 01 de maio de 2018.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEM, jörg; GROTE, Karl H. **Projeto na Engenharia.** 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

## 6 TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM EQUIPAMENTO PARA POSICIONAMENTO E FIXAÇÃO PARA PROCESSOS DE CORTE E RECORTE

**Thomas Felipe Zibetti**
**Julian Conterno Borges**
**Márcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Júnior**
**Rudimar Cavalini Becker Júnior**

Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS: 99052-900
125482@upf.br; 8562@upf.br r; mwalber@upf.br; agenor@upf.br; 129904@upf.br

***Resumo.*** *Visando melhorias nos processos de corte, como a jato d'água e laser, em máquinas CNC, o trabalho auxiliará na criação de um dispositivo que facilite o posicionamento e fixação de chapas leves e de formatos irregulares, como por exemplo a pedra ágata, material processado na região norte do Rio Grande do Sul. O corte e recorte é muito utilizado na usinagem de materiais em indústrias, dependendo de suas aplicações, estes materiais podem ser metais, pedras, compósitos e cerâmicas. Foi realizado um estudo das principais características do corte por jato d'água e dos diferentes métodos de fixação. O dispositivo tem como objetivo principal reduzir o tempo de fixação do material na área de corte da máquina, buscando melhoria no processo com qualidade, precisão e em consequência redução dos custos. Assim, este trabalho, buscando o desenvolvimento de produtos, utilizou uma metodologia de projeto dos autores Pahl e Beitz para o desenvolvimento de um produto, chegando a uma solução prática e eficiente que utiliza de três partes principais: uma parte inferior, uma superior e um dispositivo de aperto que uni as partes e fixa o material.*

***Palavras chave:*** *fixação; dispositivo; pedra ágata; processo; método.*

## 1. INTRODUÇÃO

Máquinas de corte e recorte CNC, tais como jato d'água, laser, entre outras, foram desenvolvidas para a realização de corte e recorte em peças e partes com as mais diferentes formas, referências e particularidades em tamanhos e pesos. Mas para que essas partes possam ser fixadas adequadamente, se faz necessária à aplicação de um dispositivo de fixação. Tais dispositivos algumas vezes são idealizados pelo próprio fabricante das peças, visando economia, mas na maioria dos casos revela-se o grande vilão da operação justamente por não conseguir extrair o melhor que os processos têm a oferecer. Assim, a idealização adequada de um dispositivo de fixação pode ser o diferencial entre o prejuízo e o lucro na utilização destes tipos de máquinas.

Através da utilização de um sistema de fixação, a troca de materiais (chapas) na produção é otimizada, diminuindo os períodos de preparação das máquinas (*set-up*), resultando em economia de dinheiro. Isto repercute pela quantidade de máquinas-ferramentas de corte e conformação nas empresas, que saltou de 8,4% do total em 2004, para 25,3% em 2016, enquanto que a média de máquinas convencionais passou de 11,5 unidades por empresa em 2014 para 8,28 em 2016. O objetivo geral deste estudo é utilizar a aplicação de uma metodologia de projeto para desenvolver o conceito de um equipamento para posicionamento e fixação em processos de corte e recorte. Os objetivos específicos são de utilizar de metodologia de projeto para conceber o equipamento, elaborar uma proposta em cada fase da metodologia e apresentar soluções para problemas no projeto conceitual.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados alguns conceitos sobre o processo de corte a jato d'água abrasivo bem como conceitos da metodologia para projeto e desenvolvimento de produtos.

### 2.1 Processo de corte a jato d'água abrasivo

Neste processo de corte, um jato d'água fino e de alta velocidade acelera partículas abrasivas, direcionadas através de um bico, no material a ser usinado. Dentre as diversas vantagens do corte a jato d'água abrasivo, estão à capacidade de cortar quase todos os tipos de materiais, sem zona térmicamente afetada por calor, com grande flexibilidade e ambientalmente correto. Devido a estas condições, este processo de corte é mais rentável do que processos de usinagem tradicionais e alguns não tradicionais (D. KRAJCARZ, 2014).

A qualidade da superfície é um dos requisitos mais avaliados pelo cliente e um dos indicadores dessa qualidade em peças usinadas é a rugosidade superficial. A restrição criada pelo pequeno orifício que a água será transportada cria um jato de alta velocidade e alta pressão (WATERJETS, 2018). Isto torna possível a realização de usinagem em diferentes materiais que não poderiam ser cortados através de métodos tradicionais (ORBANIC, 2008).

O corte a jato d'água é utilizado para a usinagem de diversos materiais nas mais diferentes indústrias. De acordo com suas aplicações, tais materiais incluem metais, pedras, compósitos e cerâmicas. No meio das aplicações gerais para o corte a jato d'água abrasivo, pode-se evidenciar o corte de pedras preciosas. No processo de corte de gemas, como por exemplo, a ágata, os processos mecânicos mais tradicionais como discos cortantes acabam apresentando diversas dificuldades e limitações principalmente para formatos complexos de peças, e também peças com diversos detalhes vazados. A Figura 1 mostra exemplos de pedras cortadas por jato d'água abrasivo.

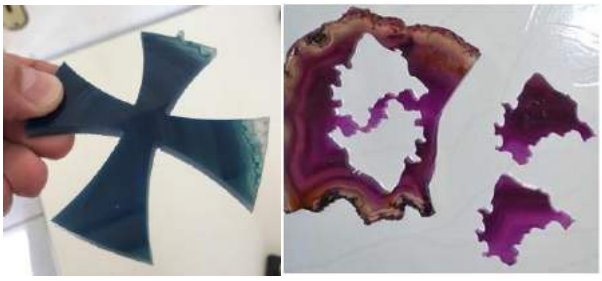


Figura 1. Pedras de ágata usinadas por corte a jato d'água abrasivo
Fonte: Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias do Rio Grande do Sul

De acordo com Usinagem Brasil (2018), devem-se atender alguns requisitos para fixação de materiais em bancadas de corte CNC, em primeiro lugar, relativo à rigidez na usinagem de peças, pois os dispositivos de fixação devem manter pontos de apoio e referência em contato constante com o material, para poder ser realizada uma pressão mínima necessária de maneira que a peça não se movimente durante o processo de corte ou recorte, e que esteja fixada corretamente.

É recomendado, portanto, ter uma estrutura de fixação que possa absorver todas as vibrações e esforços durante o processo de usinagem, a fim de evitar tensões que podem alterar a geometria da peça. Outro fator importante está no quesito facilidade de acesso ao material que está sendo processado, pois o operador tem que ter acesso ergonômico e dinâmico na área de posição e reposição de peças, obviamente seguindo as limitações do projeto. A rapidez na preparação da máquina também é um fator bastante relevante, visto que, a reparação da máquina para o processamento deve ocorrer de maneira rápida, a fim de evitar o tempo ocioso que gera prejuízos econômicos.

De acordo com Rochel (2018), a resistência e a agilidade nos processos são as principais características dos dispositivos de fixação, possibilitando assim, a qualidade e capacidade de produção de uma empresa.

### 2.2 Metodologia de projeto e desenvolvimento de produtos de Pahl e Beitz

Segundo Pahl *et al.* (2005) para o desenvolvimento de um novo produto no momento correto e que desperte interesse no objetivo mercado, torna-se necessário um procedimento com planejamento, flexibilidade, otimização e verificação, se tornando assim, um desenvolvimento com soluções adequadas. Para isto, é de suma importância, além do conhecimento necessário, que os projetistas saibam exercer suas tarefas de modo sistemático utilizando uma metodologia de trabalho auxiliada por medidas organizacionais.

A Figura 2 ilustra as principais etapas no desenvolvimento de um produto.
.

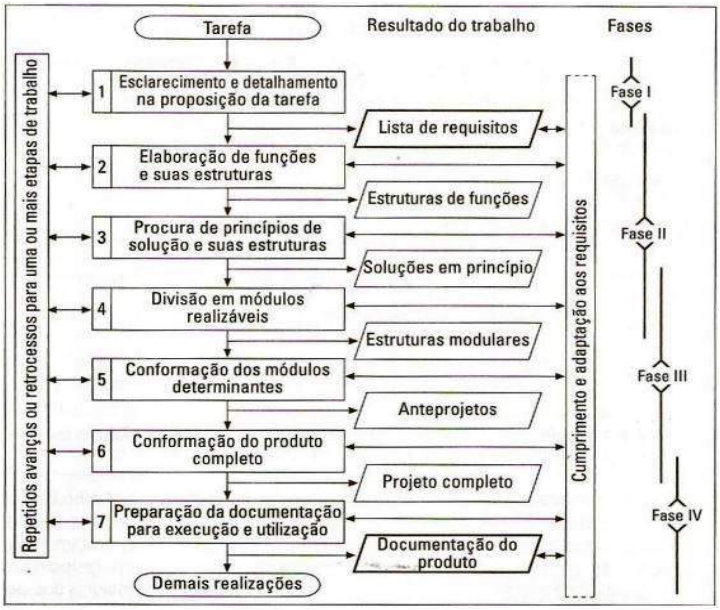



Figura 2. Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto
Fonte: Pahl *et al*. (2005)

Desta maneira, Pahl *et al.* (2005) determina que o desenvolvimento do projeto de um produto é composto por quatro fases principais: Esclarecimento e definição metódica da tarefa, Métodos para concepção, Metodologias para anteprojeto e Métodos para o detalhamento, conforme apresenta a Fig. 2. A aplicação rigorosa destas fases resulta em maiores possibilidades de desenvolvimento de um produto final de sucesso, ou seja, do produto final coincidente com o desejo inicial.

## 3. METODOLOGIA

Para atender o objetivo principal deste trabalho, o produto foi projetado seguindo um conceito de metodologia de projeto apresentado por Pahl et al. (2005), devido a apresentar atividades relevantes ao esclarecimento da tarefa. O produto a ser desenvolvido é um dispositivo de posicionamento e fixação para processos de corte e recorte de materiais pequenos e de geometria irregular.

Na fase um da metodologia, denominada como planejamento, um dispositivo de fixação para máquinas de corte e recorte CNC pode ser idealizado para aplicação em máquinas convencionais de corte e recorte. Pode permitir o acionamento manual simplificado. As vantagens da tecnologia de fixação são evidentes, tais como: Aumento do tempo de funcionamento da máquina, troca muito rápida de dispositivos ou peças, alta precisão de repetição no posicionamento, interface uniforme posicionando e fixando em um único trabalho.

Para a elaboração da lista de requisitos, foram listados somente os requisitos absolutamente necessários para execução do dispositivo de posicionamento e fixação. Os requisitos são classificados como necessidades (E – exigências) e vontades (D – desejos) para a tomada de decisões nas características de um projeto.

A seguir, o Quadro 1 apresenta a lista de requisitos para o dispositivo de posicionamento e fixação para processos de corte e recorte em máquinas CNC.

Quadro 1. Lista de requisitos para o dispositivo.

| Data | E/D | Lista de Requisitos para Dispositivo de Posicionamento e Fixação | Folha 1 Pag.1 |
|---|---|---|---|
| | | **1. Geometria** | Equipe de Engenharia |
| Mai/18 | D | Geometria do dispositivo para mesa da máquina | |
| Mai/18 | E | Geometria irregular das peças | |
| Mai/18 | D | Abranger a grande maioria da demanda, com relação a tamanho de peças | |
| Mai/18 | E | Largura e Comprimento da peça a ser cortada: entre 150mm e 400mm | |
| | | **2. Força** | |
| Mai/18 | E | Força vertical na peça: entre 10N e 20N | |

Quadro 1. Lista de requisitos para o dispositivo (continuação).

| **Data** (continuação) | **E/D** (continuação) | **Lista de Requisitos para Dispositivo de Posicionamento e Fixação** (continuação) | **Folha 1 Pag.1** (continuação) |
|---|---|---|---|
| | | **3. Cinemática** | |
| Mai/18 | E | Impedir o movimento da peça | |
| Mai/18 | E | Inibir os graus de liberdade da peça | |
| | | **4. Material** | |
| Mai/18 | D | Utilizar componentes de grande vida útil | |
| Mai/18 | D | Resistente a corrosão | |
| Mai/18 | E | Com qualidade dimensional | |
| Mai/18 | E | Resistente ao desgaste | |
| | | **5. Produção** | |
| Mai/18 | E | Fácil produção, sem processos especiais | |
| Mai/18 | D | Utilizar componentes e operações padronizados | |
| Mai/18 | D | Atender a normas vigentes | |
| | | **6. Montagem** | |
| Mai/18 | D | Montagem padrão na mesa da máquina | |
| Mai/18 | E | Fácil montagem e desmontagem para facilitar a produção | |
| Mai/18 | D | Montagem rápida, mesmo com uma só pessoa | |
| | | **7. Ergonomia** | |
| Mai/18 | D | Fácil acesso e manuseio | |
| Mai/18 | E | Sistema de encaixes rápido preciso | |
| Mai/18 | E | Não provocar riscos físicos aos usuários | |
| | | **8. Operação** | |
| Mai/18 | D | Baixo desgaste dos componentes | |
| Mai/18 | E | Produção fácil, sem necessidade de ferramentas adjacentes | |
| Mai/18 | E | Alto fator de segurança aos operadores | |
| | | **9. Custos** | |
| Mai/18 | E | Baixos custos de produção do dispositivo | |
| Mai/18 | D | Reduzido custo de operação do dispositivo | |
| | | **10. Manutenção** | |
| Mai/18 | E | Fácil acesso para manutenção | |
| Mai/18 | D | Prever manutenção preventiva | |
| Mai/18 | E | Componentes simples e de acesso fácil no mercado | |

Fonte: Autores, 2018

Na fase dois denominada como concepção do produto, após a definição da lista de requisitos, procura-se uma projeção de solução para o projeto. Para Pahl et al. (2005), uma função pode ser entendida como uma relação entre entrada e saída do sistema técnico com propósito de realizar uma determinada tarefa. Assim, no Quadro 2, é feita análise das funções do produto para relação de entradas e saídas do processo.

Quadro 2. Relação entre Entradas e Saídas.

| **Análise da Função** | **Entrada** | **Saída** |
|---|---|---|
| **Energia** | Energia cinética e potencial | Energia consumida no processo de corte |
| **Material** | Peça em bruto | Peça cortada formato determinado |
| **Sinal** | Parâmetros de corte | Dimensões, avanços e velocidade de corte |

Fonte: Autores, 2018

Na fase da concepção encontrar uma variante de solução preliminar para prosseguir com o desenvolvimento é o objetivo. O geral e o principal de uma tarefa podem ser obtidos de forma relativamente simples na lista de requisitos por uma análise com as relações funcionais e principais condicionantes especificas da tarefa.

A consequência dessa etapa é a definição do objetivo num plano isolado, sem contudo, estimular determinado tipo de solução. Num desenvolvimento inovador, fundamentalmente todos os caminhos devem ficar abertos até que se perceba claramente qual é o principio de solução mais apropriado para o caso em questão. E como exemplo não projetar um dispositivo de fixação, mas buscar uma possibilidade de fixar a peça a ser cortada isenta de vibrações.

Segundo Pahl et al. (2005) uma função global pode ser desdobrada em sub-funções de menor complexidade. A seguir, pode-se definir as sub-funções, dividindo a função global, a fim de ajudar a solução de cada problema em separado.

No Quadro 3 pode-se observar a divisão da função global em sub-funções.

Quadro 3. Sub-funções do dispositivo de posicionamento e fixação.

| | |
|---|---|
| **Estrutura** | Localizar o dispositivo na máquina<br>Absorver as forças de corte<br>Resistente ao desgaste<br>Perfeitamente apoiado a mesa da máquina |
| **Fixação** | Fixar a peca inibindo os graus de liberdade<br>Fácil acesso e manuseio para fixar e retirar a peca |
| **Retirada** | Retirar peca cortada sem que caiam no tanque |

Fonte: Autores, 2018

Para as sub-funções precisam ser encontrados princípios de funcionamento que posteriormente serão combinados na estrutura de funcionamento, a qual, suficiente materializada, tornara identificável a solução básica.

Na Figura 3 pode-se ver a relação de sub-funções de todo o dispositivo.

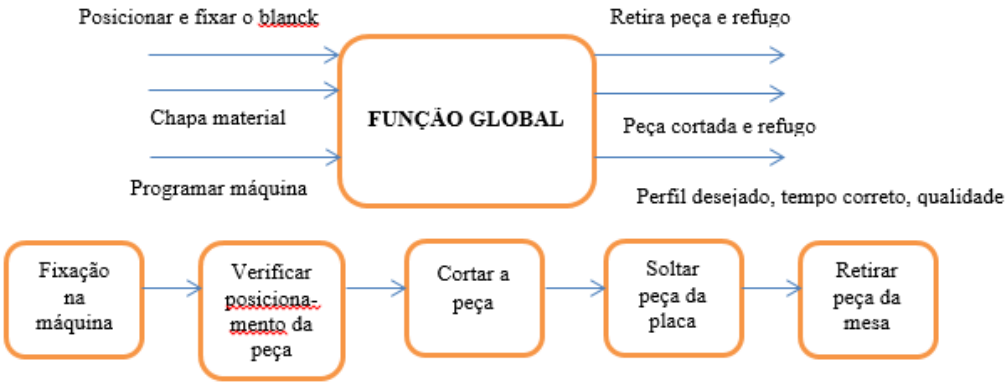



Figura 3. Estrutura de funções do dispositivo de posicionamento e fixação.
Fonte: Autores, 2018

Ocorrendo um grande número de variantes, aconselha-se efetuar uma pré-seleção para que a concretização de variantes da concepção não fique muito onerosa e para que as variantes menos adequadas já sejam eliminadas. Após a escolha da variante ideal do projeto, todas as exigências propostas serão satisfeitas pelos princípios de solução, buscando as que melhor tiverem relação com o projeto e as mais adequadas para corrigir os problemas no dispositivo.

O Quadro 4 apresenta a variante de soluções escolhida de acordo com o atendimento aos requisitos propostos.

Quadro 4. Variante da solução escolhida para o dispositivo.

| Função | Solução 1 | Solução 2 | Solução 3 | Solução 4 |
|---|---|---|---|---|
| **Fixação na máquina** | Parafusos reguláveis para nivelar | Engate rápido entre estrutura do dispositivo e grade | Estrutura vazada apoiando a peça nas laterais | Vários tamanhos padrões de estrutura para peças diferentes |
| **Verificar posicionamento da peça na máquina** | Por régua de regulagem do dispositivo do posicionamento | Medições manual | Encostos pneumáticos | Encostos acionados por motor elétrico |
| **Cortar a peça** | Utilizar barras superiores para prender a peça | Parafusos ajustáveis | Par de réguas fixadoras inferior e superior | Material aderente entre estrutura e peça |
| **Soltar a peça da placa** | Dispositivo elétrico | Mecanismo pneumático | Alavanca mecânica | Parafuso fixador com desarme para liberar as réguas |
| **Retirar a peça da mesa** | Grade entre estrutura e grade | De forma manual pelo operador | Rede no tanque da máquina | Por Eletromagnetismo |

## 4. RESULTADOS

Com a solução proposta a partir das análises de projeto anteriormente descritas pode-se realizar um anteprojeto do mecanismo. No esboço proposto, foi utilizado um sistema de hastes e guias emborrachadas, onde as hastes exercem a função de pressionar o material contra a guia de maneira que este aperto dado manualmente através de um dispositivo iniba os graus de liberdade do material.

Com o anteprojeto definido pode-se começar a detalhar o dispositivo com a descrição de todos os seus componentes de maneira que seja possível esclarecer seu funcionamento e explicar como os resultados foram atingidos.

Pode-se observar através da Fig. 4, o dispositivo de fixação que será adicionado a bancada de corte a jato d'água.

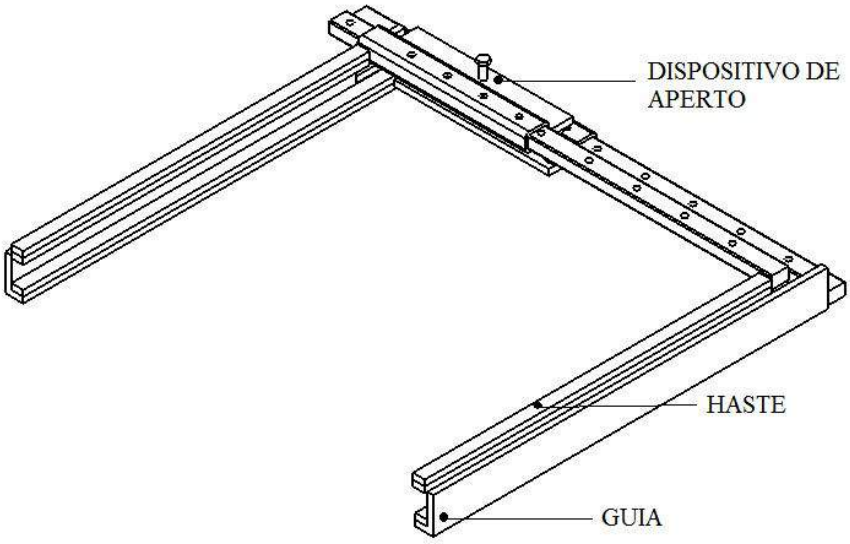



Figura 4. Dispositivo para fixação de materiais leves e irregulares em corte a jato d'água
Fonte: Autores, 2018

## 5. CONCLUSÕES

Através da metodologia aplicada para projeto e desenvolvimento de produto, foi projetado um novo dispositivo de fixação, onde requisitos inicias de facilitar a fixação, aumentar a produtividade e garantir eficiência e segurança para o processo foram atingidas de maneira eficaz. Por fim, o operador terá maior praticidade em manusear o dispositivo de fixação, de maneira que o tempo de produtividade seja otimizado e a qualidade do produto seja melhorada, de modo que a ergonomia do processo também se aprimore com êxito.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, N. *et al*, 2008. **Projeto Integrado de Produtos:** planejamento, concepção e modelagem. Manoale, Barueri, SP.

FLOW WATER JET. **Corte Com Jato De Água**. Disponível em: <http://www.flowwaterjet.com>. Acesso em: 03 mai. 2018.

KRAJCARZ, D. **Comparison metal water jet cutting with laser and plasma cutting, in**: Proceeding of 24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, Procedia Engineering 69, 2014.

ORBANIC, H. *et al.* (2007). **Analysis of striation formation mechanism in abrasive water jet cutting**. *Science Direct*, Slovenia, p. 821-830, 2008.

PAHL, Gehrard *et al.* **Projeto na engenharia:** fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações, São Paulo, Edgard Blücher, 2005.

ROCHEL (Brasil). **Dispositivos de Fixação**. Disponível em: <http://www.rochel.com.br>. Acesso em: 03 mai. 2018.

USINAGEM BRASIL. Dispositivos de fixação de peças para máquinas CNC. Disponível em: <http://www.usinagem-brasil.com.br/>. Acesso em: 03 mai. 2018.

WATERJETS. Waterjets. Disponível em: <http://waterjets.org>. Acesso em: 11 abr. 2018.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROJETO E PROTOTIPAGEM DE ENCHEDOR DE CONTRAPRESSÃO AUTOMÁTICO PARA ENVASE DE CERVEJA

**Vagner Mateus Funck**
**Mario Eduardo Santos Martins**
Universidade Federal de Santa Maria
mario@mecanica.ufsm.br

**Denys Souto Coelho**
Universidade Federal de Santa Maria
dscoelho@zagaia.beer

***Resumo.*** *O envase de cerveja artesanal em Growlers muitas vezes ainda é feito manualmente e sem o método de enchimento de contrapressão que diminui a formação de espuma e consequentemente o desperdício. Para melhorar a eficiência de envase e diminuir o desperdício de cerveja artesanal, propõem-se neste artigo o projeto e a prototipagem de um equipamento para automatizar o processo de envase em Growlers com contrapressão. Fez-se o levantamento de alguns equipamentos já existentes no mercado e propôs-se requisitos de projeto para obter um equipamento melhorado. Obteve-se como resultados parciais o atendimento dos requisitos de projeto propostos e concluiu-se que o protótipo melhora o processo de enchimento de Growlers.*

***Palavras Chave:*** *Growler, espuma, cerveja, envase, contrapressão.*

## 1. INTRODUÇÃO

Para realizar o envase de cerveja artesanal em *Growlers* (garrafas de vidro reutilizáveis para uso especial em cervejarias artesanais, bares e brewpubs), utiliza-se um método conhecido como contrapressão, o qual é realizado de maneira automática através do equipamento desenvolvido neste trabalho. O processo de envase com contrapressão permite realizar o enchimento do *Growler* com a formação de pouquíssima espuma, evitando dessa maneira o desperdício de cerveja artesanal e a perda de qualidade do produto.

A espuma da cerveja é formada quando existe uma diferença de pressão muito grande entre o recipiente em que ela está armazenada (barril) e o local para onde ela será vasada (*Growler*), pois dessa maneira o $CO_2$ difundido na cerveja tende a sair para o ambiente que está a uma pressão menor, com isso proteínas e outros ingredientes da cerveja são carregados pelas bolhas de $CO_2$ até a superfície do líquido formando a espuma. O processo de contrapressão consiste basicamente em controlar a diferença de pressão entre o barril de cerveja e o *Growler* fazendo com que a cerveja flua de dentro do barril para a garrafa de maneira lenta e controlada para não formar espuma. O equilíbrio da pressão é feito injetando-se $CO_2$ para dentro do *Growler* até que a pressão se estabilize. Em seguida controla-se a saída do $CO_2$ de dentro deste para gerar uma pequena diferença de pressão e permitir que o envase seja feito sem a produção de espuma.

O processo manual de enchimento com contrapressão é feito pelo operador acoplando o equipamento ao *Growler* e manipulando válvulas, porém esse processo está sujeito a diversas falhas se este não estiver atento ao enchimento. O objetivo deste trabalho, portanto, é produzir um equipamento que atenda aos requisitos de projeto especificados no item 3.1, pois dessa maneira evitam-se erros por parte do operador e o processo de enchimento torna-se mais seguro e preciso. Para automatizar o processo utilizou-se uma placa programável (Arduino), que controla todas as funções do equipamento. O operador escolhe através de uma interface os parâmetros de enchimento e inicia o processo retirando ao seu fim o *Growler* envasado.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Formação da espuma

A aparência e a percepção de sabor que o consumidor tem sobre uma cerveja está diretamente ligada a qualidade da formação da sua espuma. Segundo Bamforth (2000) a formação da espuma influencia diversos fatores como a percepção do nível de carbonatação, temperatura, viscosidade, sabor e odor da cerveja. Ono (1983) apresenta dados que

mostram que cervejas com diferentes coroas de espuma recebem diferentes avaliações em testes de degustação, portanto a qualidade da espuma diz muito sobre a qualidade da cerveja.

A espuma é formada pela nucleação do dióxido de carbono dissolvido no líquido (LYNCH e BAMFORTH, 2002). A nucleação acontece quando o $CO_2$ encontra um site de formação de bolhas, que é qualquer irregularidade no recipiente de armazenamento ou até mesmo o local onde uma bolha prévia se soltou causando uma turbulência no líquido, e cresce até que o gás no seu interior possua força suficiente de empuxo para subir até a superfície. Ao subir, essa bolha carrega consigo resíduos hidrofóbicos da cerveja como proteínas, fermento e lúpulo até a superfície do líquido, formando uma cadeia complexa de bolhas que é a espuma propriamente dita.

Segundo Lynch e Bamforth (2002), existem 4 fatores físico-químicos principais que afetam a taxa de formação de bolhas na cerveja: densidade, tensão superficial da cerveja, o coeficiente de difusão de dióxido de carbono e a quantidade de $CO_2$ dissolvido na cerveja.

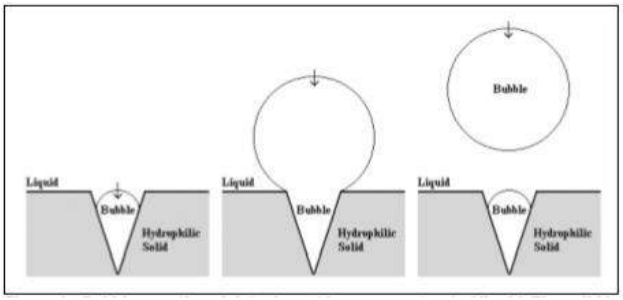



Figura 1 - Crescimento e destacamento de bolha em um líquido supersaturado. O sólido é molhado pelo líquido. A seta indica a direção de difusão do gás devido ao gradiente de pressão. Fonte: Lynch e Bamforth, 2002.

Além desses 4 fatores físico-químicos da cerveja, existem diversos outros fatores externos que contribuem para a formação da espuma na cerveja no momento do envase, como é o caso da diferença de pressão entre o barril e a garrafa, a temperatura da cerveja e da garrafa, a vasão, etc.

A diferença de pressão é o fator externo que mais contribui para a formação da espuma na cerveja, pois ela facilita a saída do $CO_2$ dissolvido no líquido para o ambiente. Ao realizar o envase, transfere-se a cerveja de um barril com uma pressão elevada devida a formação de $CO_2$ proveniente da fermentação, para uma garrafa que está à pressão ambiente. Essa diferença de pressão faz com que o gás carbônico saia muito rapidamente do líquido para o ambiente criando uma grande quantidade de bolhas que por sua vez criam outros sites de nucleação resultando em uma reação em cadeia. Dessa maneira a garrafa é preenchida muito rapidamente com espuma, não sendo possível realizar o enchimento adequado da mesma.

O enchedor de contrapressão atua regulando a pressão entre o barril e a garrafa criando uma diferença de pressão pequena que irá ser suficiente somente para que a cerveja saia do barril e entre na garrafa sem espumar.

### 2.2 Envasamento com contrapressão

O envasamento com contrapressão inicia-se com o acoplamento do enchedor ao bico do *Growler* para vedá-lo e isolá-lo do ambiente externo. Em seguida $CO_2$ é injetado no *Growler* aumentando a sua pressão interna até que esta fique pouco menor ou igual a pressão do barril de cerveja.

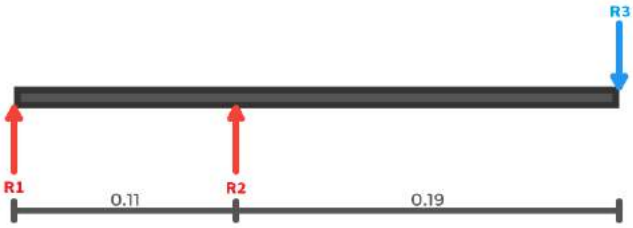
Quando a pressão se estabiliza dentro do *Growler*, inicia-se o processo de envase ao liberar o fluxo de cerveja do barril para o mesmo, no qual a cerveja só irá entrar se a pressão deste for menor. Para diminuir a pressão interna do *Growler* e garantir que a diferença de pressão entre um e outro seja pequena, permite-se que o $CO_2$ deste, saia para o ambiente de maneira lenta e controlada, garantindo que a cerveja envasada não produza espuma.

Ao preencher o *Growler* completamente com cerveja estanca-se o fluxo de saída de $CO_2$ e o de cerveja, desacopla-se o enchedor do *Growler* e o envase está finalizado.

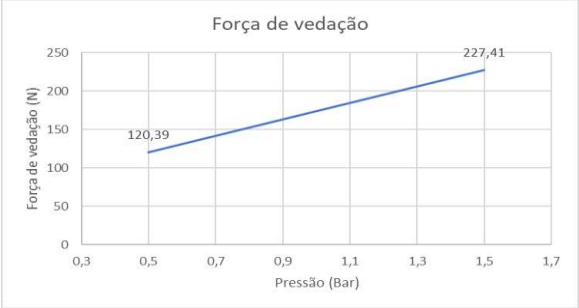
### 2.3 Teste de estanqueidade

Para determinar a força de vedação do *Growler*, realizou-se um teste de estanqueidade no qual acoplou-se o enchedor ao mesmo através de um dispositivo como mostrado na figura a seguir.

(a)




(b)




(c)

Figura 2 – Em (a) vê-se uma imagem do experimento. Em (b) tem-se o diagrama esquemático das forças atuantes onde R1 é representado como um rolete, R2 é a força exercida pela pressão interna do Growler e R3 é o peso aplicado para realizar a vedação. Em (c) plotou-se um gráfico com as resultantes das forças R2 calculadas para 0,5 bar e 1,5 bar.

Aplicou-se uma determinada pressão ao *Growler* e em seguida empilhou-se pesos ao suporte até que não houvesse nenhum vazamento de ar pela vedação do enchedor. Com isso pôde-se determinar a força necessária de vedação e com a qual dimensionou-se os fusos e as molas.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Etapas de Projeto

Segundo Romano (2003) a primeira etapa do projeto é o pré-projeto onde se planeja e se detalha o escopo e se estima a sequência e a duração das atividades. Para isto criou-se um diagrama de Gantt com as principais atividades e os prazos de entrega.

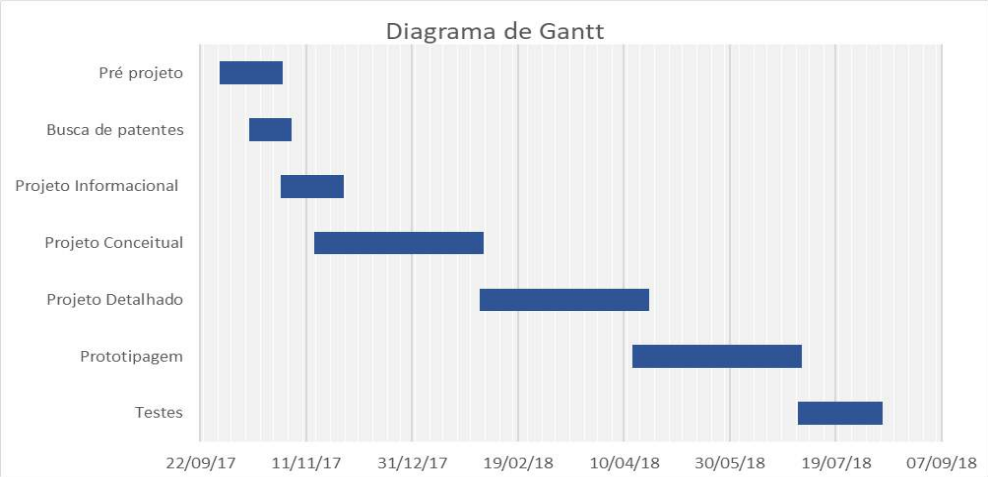



Figura 3 – Diagrama de Gantt do projeto.

A segunda etapa de projeto é o Projeto Informacional onde se faz um levantamento do que já existe no mercado e dos requisitos necessários para o projeto que está sendo desenvolvido. A seguir são listados os requisitos para o projeto do enchedor de contrapressão:

1) O processo de enchimento deve ser totalmente automático;

2) Realizar o enchimento de *Growlers* com contrapressão;
3) O equipamento deve ter entrada para 20 barris de cerveja;
4) Ser compatível com *Growlers* de 64 oz e de 1 litro.

No projeto conceitual é onde se reúnem as alternativas construtivas do equipamento para alcançar os requisitos propostos. Neste ponto determina-se os sistemas do enchedor de contrapressão e como cada um trabalha.

Na última etapa do projeto ocorre o detalhamento e a especificação de todos os componentes dos sistemas, dessa maneira pode-se realizar a aquisição das peças para montar o protótipo.

### 3.2 Revisão do estado da arte

Este tipo de tecnologia para enchimento de *Growlers* é relativamente nova no mercado brasileiro, sendo que a maioria desses equipamentos é encontrada nos mercados da Europa e Estados Unidos, chegando até o Brasil através de importações. Porém, nem mesmo esses equipamentos preenchem os requisitos listados acima.

Pode-se citar como equipamento de maior tecnologia e automatização o enchedor de contrapressão da Micro Matic que possui 4 linhas individuais de cerveja, enchimento e acoplamento totalmente automáticos para *Growlers* dos tamanhos mais populares, proteção contra explosões e como detalhe atrativo tela *Touchscreen* para interface com o operador.

Porém, um dos maiores problemas desse equipamento é a limitação do número de barris, pois as linhas de cerveja são individuais, ou seja, as mangueiras vêm direto do barril para o equipamento. Isso é um problema porque normalmente os bares possuem uma carta de cervejas artesanais muito maior que 4 tipos, sendo necessário comprar mais de um equipamento para cobrir o número de cervejas existentes.

Para se obter 20 linhas de cerveja no equipamento proposto neste trabalho, fez-se uso de um *manifold* o qual possui 20 entradas, uma para cada barril, e somente uma saída que guiará a cerveja até o equipamento. Desta maneira seleciona-se o tipo de cerveja que se quer envasar e a válvula correspondente no *manifold* é acionada para permitir sua passagem.

A Pegas é uma empresa Russa que produz enchedores de contrapressão e atualmente é uma das maiores no ramo. O equipamento mais recente produzido pela empresa é o *Pegas Craftap Smart* que possui 6 linhas de cerveja individuais, enchimento automático para os principais tamanhos de *Growlers* e proteção contra explosões deste. Porém as principais limitações desse equipamento é o acoplamento manual e, como no citado anteriormente, o número limitado de linhas de cerveja. Para acoplar a garrafa ao Pegas Caftap Smart é necessário ajustar a altura do suporte do *Growler* e depois realizar o aperto manualmente.

Já no enchedor proposto neste trabalho, o acoplamento é realizado automaticamente, bem como a sua força e a altura, tornando o processo mais ágil e moderno.

### 3.3 O projeto e protótipo do enchedor

O enchedor de contrapressão é composto por 3 sistemas: de enchimento, movimentação e controle.

O sistema de enchimento é o principal e o responsável por conectar o *Growler* ao barril e tornar possível o enchimento. Este sistema é todo construído em materiais atóxicos, pois existe contato direto com a cerveja, portanto o corpo do enchedor é de PEAD, um polímero atóxico, bem como as conexões de engate rápido e as mangueiras. O acoplamento com o *Growler* é feito através do acoplador que contém uma vedação em silicone atóxico que veda o bico do *Growler* no enchedor. O tubo de $CO_2$ feito em aço inox guia o $CO_2$ para dentro do *Growler* no momento da pressurização, e no momento do enchimento é por onde o $CO_2$ sai para o exterior.

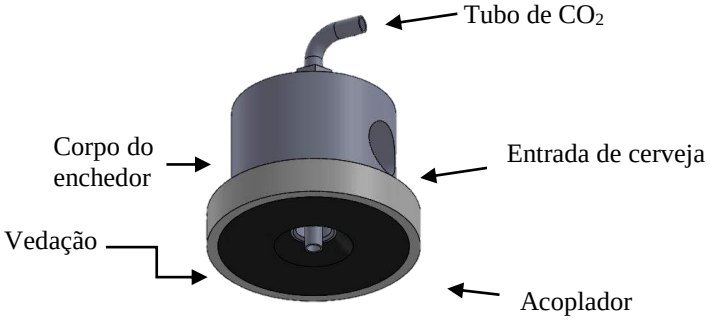



Figura 4 – Sistema de Enchimento.

O sistema de movimentação é responsável por realizar o acoplamento do sistema de enchimento com o *Growler*. Ele realiza a movimentação do cabeçote através de dois fusos posicionados de maneira vertical dentro do equipamento que giram de maneira sincronizada fazendo com que este suba ou desça conforme a orientação de giro. Desta maneira o cabeçote pode se movimentar do ponto mais ao mais baixo, contemplando dessa maneira qualquer tamanho de *Growler*.

Dentro do cabeçote existe uma chapa metálica onde na parte superior são fixadas as porcas dos fusos e na parte inferior as molas. Ao realizar o acoplamento, essa chapa metálica empurra o cabeçote através da força dos fusos aplicadas às porcas pressionando as molas e às comprimindo, o que resulta em um controle preciso da força de vedação que pode ser determinada através da deformação linear das molas.

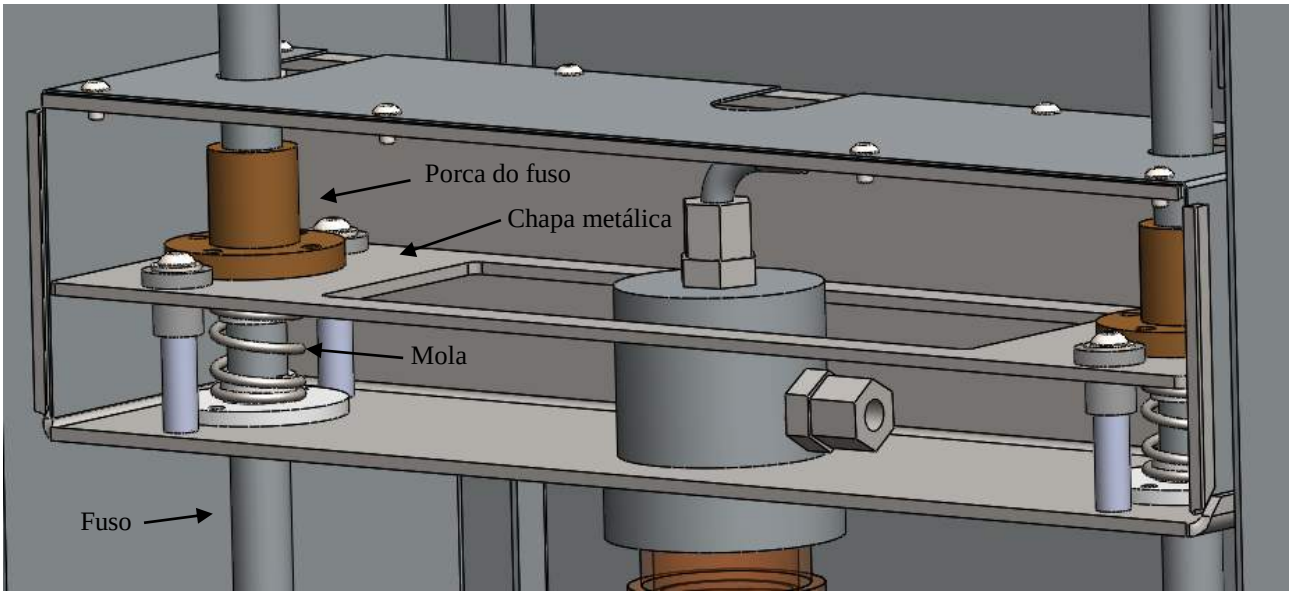



Figura 5 – Sistema de Movimentação.

O sistema de controle permite a automatização do processo através de programação. Para isto é utilizado um Arduino Mega que comanda todos os passos do processo. Para controlar o fluxo de cerveja e de $CO_2$ utiliza-se válvulas solenoide acionadas com relés, e para o controle da movimentação do cabeçote, um motor elétrico. Sensores de posição e de fluxo enviam os sinais das condições atuais do equipamento para o Arduino que as interpreta e envia os comandos necessários para a realização do enchimento.

Figura 5 – À esquerda o projeto detalhado no CAD e à direita o protótipo em fase de testes.

## 4. RESULTADOS PARCIAIS

O protótipo do enchedor de contrapressão está em fase de testes, porém os resultados parciais obtidos até o momento são satisfatórios.

A automatização do processo feita através da placa programável (Arduino), apresentou resultados satisfatórios pois obteve-se um controle preciso da movimentação do cabeçote, acoplamento com a garrafa, força de aperto, abertura e fechamento de válvulas e quantidade de cerveja envasada.

Para obter-se resultados mais concisos quanto a utilização dos 20 barris de cerveja ao enchedor, necessita-se construir o m*anifold* que será proposto como um trabalho futuro.

A compatibilidade com diferentes tamanhos de *Growlers* mostrou-se eficaz, pois utilizando-se fusos o cabeçote pode atingir qualquer altura sem a necessidade de realizar um ajuste inicial do equipamento.

## 5. BIBLIOGRAFIA

Bamforth, C. W. (2000). Perceptions of beer foam. *Journal of the Institute of Brewing*, *106*(4), 229–238. http://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2000.tb00062.x

Bishop, L. R., Whitear, A. L., & Inman, W. R. (1974). a Scientific Basis for Beer Foam Formation and Cling. *Journal of the Institute of Brewing*, *80*(1), 68–80. http://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1974.tb03585.x

Hornsey, I. (2015). *a History of Beer and Brewing*. *PhD Proposal* (Vol. 1). http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Lewis, M. J., & Lewis, A. S. (2003). Correlation of Beer Foam with Other Beer Properties. *MBAA Technical Quarterly*, *40*(2), 114–124.

Lynch, D. M., & Bamforth, C. W. (2002). Measurement and characterization of bubble nucleation in beer. *Journal of Food Science*, *67*(7), 2696–2701. http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08801.x

Ono, M., Hashimoto, S., Kakudo, Y., Nagami, K., & Kumada, J. (1983). Foaming and Beer Flavor. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, *41*(1), 19–23. http://doi.org/10.1094/ASBCJ-41-0019

Romano, F. V. (n.d.). Do Processo De Projeto Integrado De, *1*, 23–46.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UMA UNIDADE GERADORA DE ENERGIA PARA PLANTADORAS

**Vinícius Reginato Taufer**
**Márcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Junior**
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
vinicius.taufer@gmail.com; mwalber@upf.br; agenor@upf.br

***Resumo.*** *Em meio a quarta revolução industrial, os implementos agrícolas também vêm passando por uma evolução tecnológica, onde cada vez mais possuem elementos elétricos e eletrônicos que permitem um melhor controle, automação, dentre outras vantagens. Atendendo a estas demandas, tem se introduzido motores elétricos para acionamento de diversos equipamentos, como no caso das plantadoras, e junto trazem a necessidade de uma unidade geradora de energia, visto que os tratores atuais não têm capacidade de suprir este consumo. Utilizando as fases de planejamento e concepção de Pahl et al, foi possível desenvolver o conceito desta unidade geradora de energia, a qual possui uma forma compacta de fácil instalação, e que pode ser acoplada nos mais diversos modelos de plantadoras encontrados no mercado atualmente, sem a necessidade de adaptações mecânicas na estrutura do equipamento*.

***Palavras-chave:*** *desenvolvimento de produto; acionadores elétricos para agricultura, alternador, acionamento hidráulico.*

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos teve-se um aumento considerável na população mundial, fato que não parece estabilizar em um futuro próximo, tendo em vista que a ONU estima que chegue a 8,5 bilhões de pessoas até 2030 (ONU, 2015). Com isso também aumentará a demanda por alimentos. Em outra extremidade temos o fato de que os recursos naturais são limitados; dentre eles as áreas rurais destinadas às mais diversas culturas. No Brasil, por exemplo, não se teve um aumento considerável das áreas (de cereais, leguminosas e oleaginosas) cultivadas entre as safras de 2017 e 2018, crescendo apenas 0,05% (IBGE,2018).

Uma prática muito utilizada no plantio, é a aplicação de fertilizante com dose variada, o que permite identificar e disponibilizar para o solo somente o que realmente é necessário para se ter a produtividade desejada. Beras (2014) demostrou a redução de custo e o aumento de produção ao comparar esta prática com a aplicação de fertilizante em taxa fixa. Para isto, ele realizou um experimento em uma área de 10,54 hectares divididos em 10 parcelas, 5 para cada tratamento. Da análise, concluiu-se que com o uso da taxa variável foi possível obter uma economia 0,4% em fertilizante e um aumento de produção de 7,2%, em relação ao uso da taxa fixa.

Para isto ser viável, é necessário o uso de tecnologias que permitam que a plantadora possa fazer a variação de dosagem desejada de acordo com o seu posicionamento na lavoura. Isto exige uma comunicação via satélite, banco de dados, e muitas vezes o uso de telemetria. Porém, isto tem se tornado cada vez mais acessível. Segundo Lamas (2017) "estamos na era da quarta revolução tecnológica na agricultura. "A agricultura 4.0, com forte conteúdo digital e conectada".

Em encontro a estes fatores, é possível encontrar Acionadores Elétricos para Agricultura que permitem substituir as transmissões mecânicas ou eletro hidráulicas de plantadoras, e são ligados a um controlador. Este conjunto permite a aplicação de adubo com taxa variada, podendo compensar em uma curva e, quando instalado no dosador de sementes, desligar o motor para evitar sobreposição de linha.

O uso destes aparelhos elétricos e eletrônicos nos implementos agrícolas acabam sendo limitados pela capacidade do sistema elétrico do trator, que geralmente é projetado para atender apenas a sua própria demanda, e, quando mal dimensionado, pode inclusive danificá-lo. Então, para possibilitar o livre uso destas tecnologias, surge a necessidade de se desenvolver um produto que consiga gerar energia suficiente para torna-los independentes. Produto este que terá seu conceito desenvolvido ao longo do trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Agricultura de Precisão vem tomando maior proporção nos últimos anos. Isto se deve a diversos fatores como a redução no número de mão-de-obra no campo e a necessidade de aumentar a eficiência das áreas cultivadas, visto que estas são limitadas e que há um aumento na demanda de alimentos (Embrapa, 2018). Além disso, é possível aumentar o lucro como comprovado em um experimento em uma área pertencente ao Projeto Aquarius, que conseguiu uma redução de 53% no uso de fertilizantes, quando comparado à quantidade usada normalmente (AMADO, 2006).

Nesta linha, vêm surgindo diversas soluções eletrônicas para atender com precisão, como é o caso do conjunto de acionadores elétricos para agricultura que podem ser usados em diversos implementos agrícolas. Quando instalados em plantadoras, podem controlar a dosagem de semente e adubo linha a linha, possibilitando inclusive cessar o processo a qualquer momento. Segundo Yuan et al (2009), o uso da taxa variável é uma ferramenta importante na agricultura de precisão, aplicando adubo e semente de acordo com a necessidade da área plantada.

Estas soluções trazem também a necessidade de uma fonte de energia capas de suprir e garantir o funcionamento adequado dos componentes. Atualmente não existe nenhum componente conhecido com esta funcionalidade; o usual é ligar tudo à bateria do trator, sendo muitas vezes necessário trocar o alternador para que consiga atender. Cabendo então, o desenvolvimento de um produto com esta finalidade.

Pahl et al. (2005) afirmam que um procedimento é muito importante no desenvolvimento de boas soluções, para que o produto chegue ao mercado no momento certo e que atende as expectativas dos clientes. Ele ainda cita que deve ser "planejável, flexível, otmizável e verificável". Outro ponto que demonstra a importância de seguir uma metodologia, é que o custo para revisar um projeto enquanto está em desenvolvimento fica na ordem de 5%, mas o efeito desta decisão afeta 70% do custo total do produto (Back et al. 2008).

Segundo a metodologia de Pahl et al (2005) existem quatro fases principais: Planejamento e esclarecimento da tarefa, Concepção, Anteprojeto e Detalhamento, conforme apresentado na Figura 1.

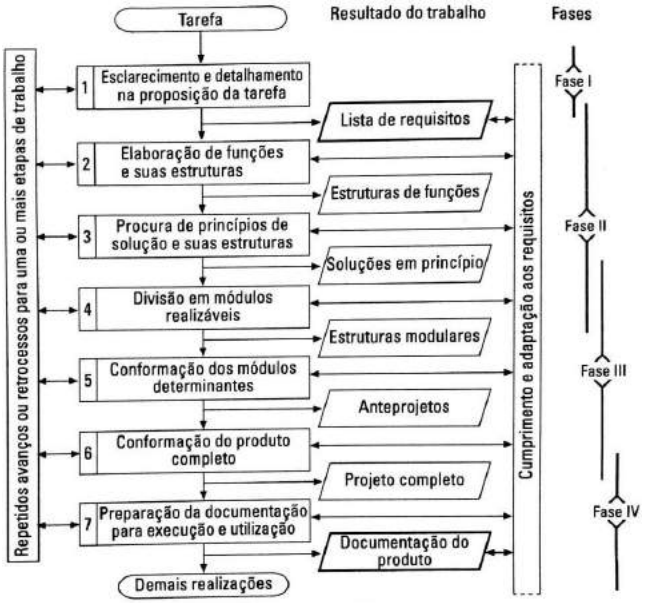



Figura 1. Procedimento geral para o desenvolvimento de projeto apresentado por Pahl et al (2005)

Na primeira etapa, planejamento e esclarecimento, deve ser feita uma avaliação detalhada da proposta e requisitos colocados ao produto. Desta etapa sairá uma lista de requisitos do produto. Nela devem ser descritos todas as características desejadas e exigidas. Após isto, parte-se para a segunda etapa da metodologia de projetos, a Concepção.

O primeiro passo é identificar a função global do produto resultante do projeto, que segundo Pahl et al (2005) é "a relação geral e desejada entre entrada e saída de um sistema, com finalidade de cumprir uma tarefa". Esta função será a responsável por fazer a conversão de Energia, Material e Sinal. Pahl et al (2005) ainda descreve que a função global pode ser subdividida em subfunções, as quais serão responsáveis por subtarefas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento do produto será feito através do conceito de metodologia de projeto de Pahl et al. (2005), pois entende-se que isto permitirá que sejam exploradas todas as variáveis e soluções, e garantirá que as características do produto estejam claras para todos os envolvidos neste processo.

Visando evitar problemas e necessidade de reformular o projeto durante a execução, inicialmente foram esclarecidos os requisitos e características desejadas do produto; gerando a lista de requisitos do produto. Para a elaboração, foram

utilizadas duas técnicas apresentadas por Pahl et al. (2005): a técnica do cenário, onde é avaliado e esquematizado o ciclo de vida do produto, e a técnica da linha mestra leva em conta as características principais que devem ser atendidas pelo produto em desenvolvimento.

Após definidos os requisitos do produto, foram buscadas as soluções para o projeto. Em um primeiro momento foi feita uma avaliação das funções globais. Após isto, elas foram divididas em subfunções, que segundo Pahl et al. (2005) podem estar interligadas de modo que precise terminar uma para começar a outra.

Então, partiu-se para encontrar as soluções para cada função, as quais foram organizadas em um esquema proposto por Pahl et al. (2005), e para encontrar as melhores combinações entre elas. Pahl et al. (2005) recomenda que o primeiro passo da Seleção seja o descarte das propostas inadequadas. Então, cada solução proposta foi avaliada individualmente, deixando de lado o que seria tecnicamente inviável na época atual. Em um segundo momento, foi feita uma análise quantitativa das combinações propostas, onde são verificadas quais atendem principalmente à lista de requisite.

### 3.1 Fase 1: Planejamento

A finalidade do projeto a ser executado é a de uma máquina que gere energia elétrica com corrente contínua de até 400 amperes, sendo que a mesma deverá ser modular e possibilitar fixação em qualquer plantadeira, preferencialmente sem necessidade de adaptação. Seu acionamento também deverá ser feito por qualquer modelo de trator que consiga tracionar uma plantadeira com mais de 7 linhas.

### 3.2 Fase 2: Concepção

Seguindo a metodologia de Pahl et al. (2005), foi elaborada uma tabela com os requisitos de projeto, onde foram listadas as características que se esperam do produto, sendo as mesmas desejáveis ou exigíveis.

Tabela 1 – Lista de requisitos do projeto

| | Lista de Requisitos para o Módulo Gerador de Energia | | Folha 1 Pag.1 |
|---|---|---|---|
| Data | E/D | | Equipe de Engenharia, P&D e Direção |
| 08/05/2018 | | 1 – Geometria | |
| 08/05/2018 | E | Ser modular | |
| 08/05/2018 | E | Ser compacto | |
| 08/05/2018 | D | Ter formato robusto e boa aparência | |
| 08/05/2018 | | 2 – Energia | |
| 08/05/2018 | E | Geração de 12 V corrente contínua | |
| 08/05/2018 | D | Capacidade de até 400A | |
| 08/05/2018 | | 3 – Materiais | |
| 08/05/2018 | E | Estrutura em Aço Carbono | |
| 08/05/2018 | E | Resistir à exposição ao tempo (sol, chuva) | |
| 08/05/2018 | | 4 – Sinal | |
| 08/05/2018 | E | Indicador de bateria carregando | |
| 08/05/2018 | | 5 – Segurança | |
| 08/05/2018 | E | Atender à NR-12 | |
| 08/05/2018 | | 6 – Ergonomia | |
| 08/05/2018 | D | Pesar menos de 20kg | |
| 08/05/2018 | | 7 – Operação | |
| 08/05/2018 | D | Ter acionamento automático | |
| 08/05/2018 | | 8 – Manutenção | |
| 08/05/2018 | D | Ter peças de reposição possíveis de encontrar facilmente no mercado | |
| 08/05/2018 | | 9 – Fabricação | |
| 08/05/2018 | D | Uso de processos encontrados na região | |
| 08/05/2018 | | 10 – Montagem | |
| 08/05/2018 | D | Ser de simples instalação/acoplamento | |
| 08/05/2018 | D | Acoplamento universal ao chassi da máquina a ser instalada | |

A lista de requisitos foi criada a partir de exigências que são muito importantes para o desenvolvimento do produto e que atendam aos processos de produção e instalação, e ao funcionamento satisfatório. Por exemplo, o produto sendo modular e compacto, permitirá a padronização do mesmo, não necessitando de adaptações para instalação em plantadoras de diferentes fabricantes. E, algumas características são obrigatórias para poder atender e funcionar em conjunto com o restante dos componentes eletrônicos instalador no implemento, como a tensão e corrente elétrica.

Tendo definidos os requisitos do produto, parte-se na busca das soluções para o projeto. Em um primeiro momento é feita uma avaliação das funções globais, que é *Converter Energia Cinética*. A partir disto, é possível chegar ao fluxograma das funções e subfunções, conforme mostrado na Figura 2.

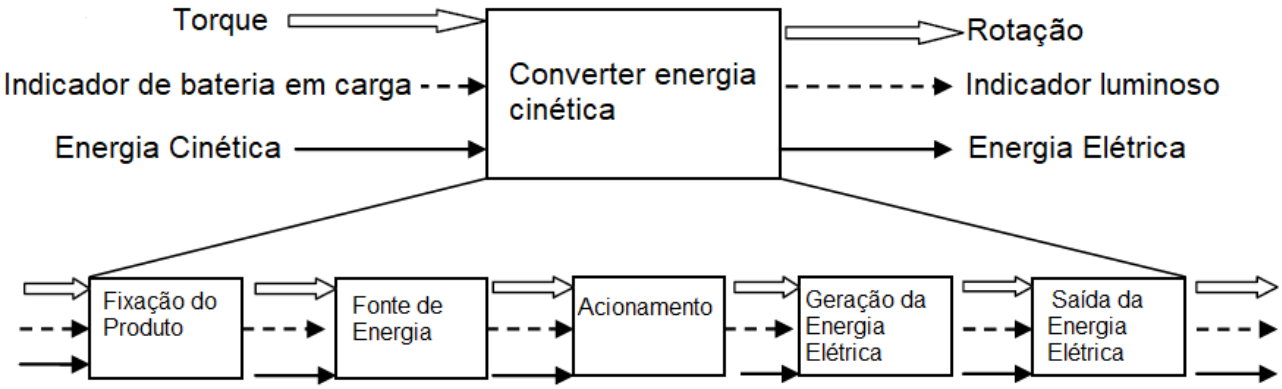



Figura 2. Estrutura de Funções

Estando definidas a Função Global e as Subfunções, parte-se para encontrar as melhores soluções para cada uma. Pahl et al. (2005) propõem um esquema organizador no qual estão listadas as funções e as respectivas soluções propostas. Que para este trabalho estão indicadas na Tabela 2.

Tabela 2. Proposta de soluções para Subfunções

| **Funções** | **Soluções** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **(A) Fixação do Produto** | Chassi da plantadora | Terceiro ponto do trator | Cabeçalho da plantadora | Chassi do trator |
| **(B) Fonte de Energia** | Roda da plantadora | Tomada de força | Comando hidráulico | Solar |
| **(C) Acionamento** | Controle elétrico | Comando existente no trator | Chave elétrica | |
| **(D) Geração de Energia** | Alternador | Dínamo | Placa solar | |
| **(E) Saída de Energia** | Cabo e Chassi | Cabo duplo | Cabo duplo e Chassi | |

Tendo listadas todas as soluções para cada função, busca-se fazer o maior número de combinações possíveis. Permitindo dar maior liberdade ao desenvolvimento do projeto, deixando-o muito próximo do desejado. As soluções propostas são resultados da soma de conhecimentos e experiências de diversos setores; o que aumenta o número de propostas e permite que estas tenham maior viabilidade.

Como citado anteriormente, o primeiro passo da Seleção foi o descarte das propostas inadequadas. Então, cada solução proposta foi avaliada individualmente, deixando de lado o que seria tecnicamente inviável na época atual. Como a Solução B4, que não conseguiria atender a corrente elétrica necessária para o funcionamento dos Conjuntos Acionadores. Outras soluções foram pré-selecionadas por atender a requisitos, como a E3 que é uma especificação do fabricante, e a D1 por ser um produto comum no mercado e que possui tecnologia que faz a gestão da carga da bateria.

O segundo passo é fazer uma análise quantitativa das combinações propostas, onde são verificadas quais atendem principalmente à lista de requisitos. Segundo Gasparin (2014, p.65) “o sinal positivo representa que a solução atendeu ao requisito, o sinal negativo representa que a solução não é eficaz, já a interrogação determina que o projetista deve procurar maior informação sobre o assunto”. Então, só seguirão as propostas que: Atenderem à lista de requisitos; Forem compatíveis com a Função Global; Tiverem viabilidade técnica; Atenderem aos requisitos de Segurança;

Tabela 3. Análise quantitativa das Soluções

| Variante da Solução | Avaliar alternativas de solução de acordo com os critérios de seleção<br>Simbologia:<br>(+) Sim<br>(-) Não<br>(?) Escassez de Informações | | | | | Decidir<br>Simbologia:<br>(+) Continuiar o desenvolvimento<br>(-) Eliminar Solução<br>(?) Obter informações |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Atende à lista de requisitos | É compatível com a função global | Possui viabilidade técnica | Atende aos requisitos de segurança | Observações (sugestões, justificações) | |
| V1 | - | + | - | + | Necessitaria transmissão para elevar a rotação. | - |
| V2 | + | + | + | + | | + |
| V3 | + | + | + | + | | + |
| V4 | - | + | + | - | Necessita o uso de um cardam exposto. | - |
| V5 | - | + | + | + | Alguns tratores não possuem terceiro ponto. | - |
| V6 | + | + | + | + | | + |
| V7 | - | + | + | + | Deve ficar na plantadora. | - |

Realizando esta análise, foi possível eliminar as soluções que não atenderiam. Desta forma, foram selecionadas as seguintes soluções para ser dada a continuidade no projeto:

- Fixação do Produto – No chassi ou cabeçalho da Plantadora;
- Fonte de Energia – Comando hidráulico do Trator;
- Acionamento – Através do comando na cabine do trator;
- Geração de Energia – Alternador;
- Saída de Energia – Cabo duplo e chassi.

É importante ressaltar, que as soluções selecionadas não eliminam a possibilidade de que ocorra uma melhoria no produto após posto em mercado. Principalmente pela velocidade que surgem novas tecnologias e soluções, e que os custos se tornam mais atrativos.

A Figura 3 apresenta um esboço da variante do produto, que é composto por um motor hidráulico, no qual estão ligadas mangueiras que serão conectadas ao trator, sendo que ele está acoplado ao alternador que será responsável por gerar a energia necessária para acionar os conjuntos acionadores, e um sinaleiro luminoso para indicar o status do funcionamento do sistema. Todos os componentes apresentados na variante são comerciais, ou seja, de fácil localização no mercado conforme indicado na Lista de Requisitos. Como é desejável gerar até 400A, torna-se necessário o uso de dois alternadores. Esta configuração também permite modularizar o produto, visto que é possível trabalhar com um alternador gerando até 200A, ou com dois alternadores gerando até 400A.

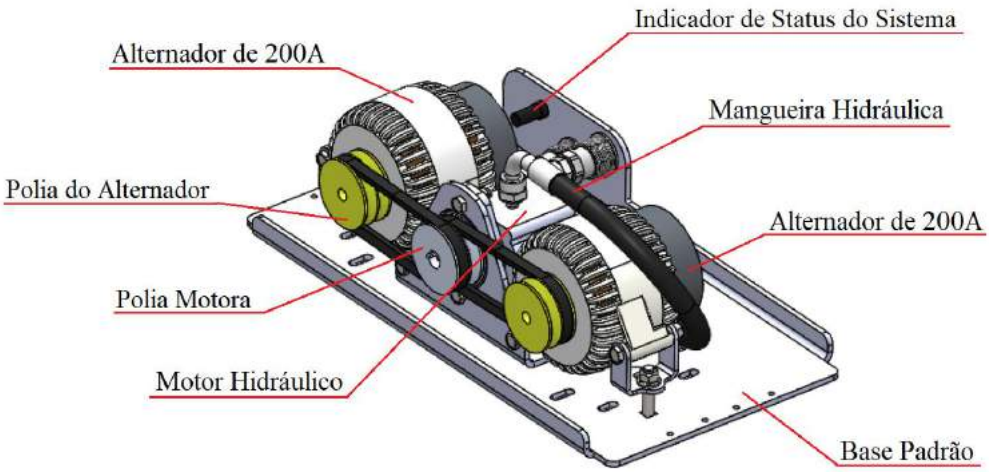



Figura 3. Esboço de variante com dois alternadores

A sua base padrão permite fixação direta em tubos quadrados ou retangulares que estejam alinhados na horizontal. Para tubos posicionados a 45º, é possível desenvolver um adaptador também padrão. É sabido que estas soluções não eliminarão a necessidade eventual de se desenvolver um adaptador para máquinas que não permitam a fixação prevista, porém, não será necessário modificar o produto. Com isto, fica encerrada a segunda etapa da metodologia proposta por Pahl et al. (2015).

## 4. CONCLUSÕES

Frente à análise inicial do uso da eletrônica na agricultura, é possível confirmar que a quarta revolução industrial tem atuação também nas atividades agrícolas, sendo chamada de Agricultura 4.0. Dentro deste contexto já existem diversos produtos que atendem a esta realidade, e ainda há espaço para outros, como é o caso da Unidade Geradora de Energia para Plantadoras.

A utilização de metodologia, permite listar todas as características desejadas e exigidas para o produto, fica claro para todos os envolvidos o que se espera ser desenvolvido, diminuindo bastante a necessidade de retrabalho, e encontrar variantes de soluções que permitem ir além do que é definido quando se usa apenas a experiência dos envolvido. Desta forma não ficam dúvidas de que foram analisadas todas as possibilidades e que a decisão final é segura por ser avaliada quantitativamente, e não por sentimento.

Com a aplicação das duas primeiras fases metodologia de projeto, foi possível encontrar as melhores soluções para atender a lista de requisitos iniciais, possibilitando então, chegar a uma variante do produto.

## 5. REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.C. et al. Projeto Aquarius-Cotrijal:pólo de AP. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, v. 91 n. 1, p. 39-47, jan/fev. 2006.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008.

Beras, Guilherme Jost. Análise da Viabilidade Econômica da Semeadura da Cultura de Soja Utilizando Taza Variável de Fertilizante na Linha. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria, 2014.

EMBRAPA. Tecnologias e conhecimentos para aperfeiçoar a produção. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica> Acesso em: 01 jun. 2018

Gasparin, Daniel. Desenvolvimento conceitual de uma máquina de ensaios mecânicos tipo pórtico. Dissertação (Mestrado em Projeto e Processos de Fabricação) – Universidade de Passo Fundo – RS. Passo Fundo, 2014.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: < https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm> Acesso em: 23 mai. 2018

LAMAS, FERNANDO MENDES. A tecnología na agricultura. Embrapa, 2017 Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30015917/artigo-a-tecnologia-na-agricultura> Acesso em: 23 mai. 2018

ONU. ONU projeta população mundial para atingir 8,5 bilhões até 2030, impulsionada pelo crescimento nos países em desenvolvimento. Disponível em:< https://news.un.org/en/story/2015/07/505352-un-projects-world-population-reach-85-billion-2030-driven-growth-developing#.Vbky2flVhHx> Acesso em: 01 jun. 2018

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEM, jörg; GROTE, Karl H. Projeto na Engenharia. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

Gasparin (2014, p.65)

YUAN, JIN; Liu, Cheng-Liang; Li, Yan-Ming; Zeng, Qingbing; Zha, Xuan F. Gaussian processes based bivariate control parameters optimization of variable-rate granular fertilizer applicator. ELSEVIER, 2009.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE UM SISTEMA DE FREIO DE VEÍCULO OFF-ROAD UTILIZANDO METODOLOGIA PROJETUAL

**Willian Samuel**
**Fábio André Zin**
**Márcio Walber**
**Agenor Dias de Meira Júnior**

Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS: 99052-900
95732@upf.br; 140234@upf.br; mwalber@upf.br; agenor@upf.br

***Resumo.*** *O freio é um dos principais sistemas de segurança aplicado em mecanismos de paradas, assim o sistema de freio automotivo aplicado em veículos Off-Rod é projetado para terrenos normais e acidentados, o que exige muita eficiência do sistema de freio. O objetivo deste trabalho é realizar a seleção de componentes para um projeto de freio automotivo em um veículo leve denominado Baja, com características de uso Off-Road utilizados em uma competição acadêmica realizada pela SAE BRASIL. Para isso serão aplicadas as etapas de planejamento e concepção de projeto conforme metodologia de projeto na engenharia descrita por Pahl e Beitz, desenvolvendo seu conceito e simplificando assim, o projeto do sistema de freio, visando a redução de componentes, manutenção, inovação em tipos de materiais aplicados nos componentes do sistema e tempo de montagem. Este projeto requer que seus componentes tenham alto desempenho, durabilidade, confiabilidade, e que preencham os requisitos solicitados no regulamento elaborado pela organização da competição. Após descarte de soluções mostrado no quadro 1, resultou em uma variante de solução, que orientará o desenvolvimento do sistema de freio.*
***Palavras Chave:*** *Metodologia, Baja, Freio, Sistema, Projeto.*

## 1. INTRODUÇÃO

Puhn (1987), o método utilizado para frear um veículo automotor é sempre a mesma que se utilizam para frear carros, motos, caminhões é transformar energia cinética em calor, por intermédio de fricção entre determinados componentes fabricados com materiais adequados. Dentre os sistemas que compõem o veículo baja SAE está o sistema de freios, onde dentro da competição é realizada uma prova eliminatória de frenagem, como parte da avaliação, assim, o sistema é testado em situação drástica de frenagem onde deve-se travar as quatro rodas.

Nesse cenário atual de mercado onde prima-se pela eficiência, qualidade e produtos economicamente viáveis, as ferramentas de metodologia de projeto e desenvolvimento de produtos são aliadas para realização de projetos que sejam planejados, com resultados satisfatórios gerando produtos com confiabilidade, e novas tecnologias com plano e etapas de trabalho bem definidos.

Segundo Pahl et al. (2005) a grande importância do desenvolvimento de um produto no momento certo e que desperte interesse por parte do mercado, torna-se necessário um procedimento para desenvolvimento de boas soluções, que seja planejável, flexível, otimizável e verificável.

O desenvolvimento do projeto do objeto deste estudo será efetuado seguindo a metodologia de projeto descrito por Pahl e Beitz (2005). A seleção da metodologia Fig. 1 considerou a proposta sistemática das fases iniciais, sendo selecionada a metodologia de Pahl e Beitz, por apresentar atividades relevantes ao esclarecimento da tarefa, gerando conceitos possíveis de projeto para a problemática deste estudo. A utilização de um método de projeto é relevante, pois proporciona o planejamento, a análise de ferramentas e processos, métodos e configuração otimizada de sistemas complexos (PAHL E BEITZ, 2005).

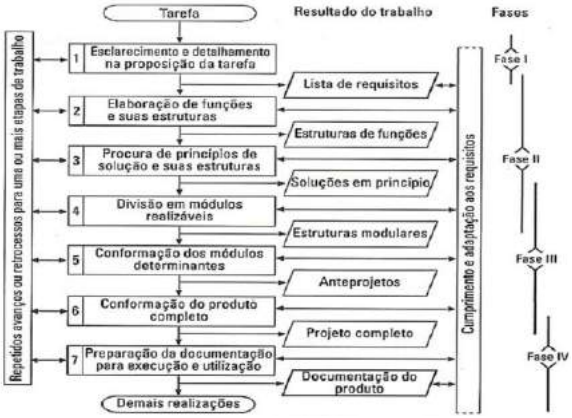


Figura 1. Metodologia de Pahl et al

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do conceito de um sistema de freio de veículo off-road utilizando metodologia projetual foram utilizadas as duas primeiras fases propostas por Pahl et al. (2005). Elaborou-se com a utilização das fases a determinação correta para o planejamento da tarefa a ser desenvolvida, a elaboração de uma lista de requisitos, as funções requeridas para o desenvolvimento do conceito de um sistema de freio, o atendimento dessas funções e a criação de um conceito de um sistema de freio para um veículo.

### 2.1 Planejamento do sistema de freio

Partindo-se do princípio que o sistema de freio será utilizado em provas dinâmicas da competição Baja SAE Brasil, o sistema deverá ser projetado para atender as normas do regulamento visando alto desempenho durante as provas dinâmicas.

Acrescentaram-se outras características à lista de requisitos, estas, mesmo não sendo tão óbvias para aplicação no projeto de um novo produto, mas que pode colaborar para a elaboração do desenvolvimento de um sistema mais seguro, resistente, de qualidade e com um bom desempenho.

Para isso utilizou-se uma adaptação da linha mestra, proposta por Pahl e Beitz (2005), Fig. 2.

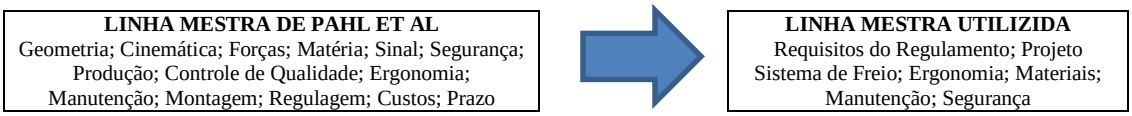


Figura 2. Linha Mestra do Produto

### 2.2 Lista de Requisitos

Utilizando a linha mestra montou-se a lista de requisitos do produto, que está exposta na Tab. 1. Os requisitos foram classificados em: E – Exigência, ou seja, o que deve ser cumprido; D – Desejável.

Após elaboração da lista de requisitos foram destacados os considerados mais importantes para a elaboração do projeto. Foi utilizado cinco etapas para elaborar a função global do projeto.

**Na etapa 1ª e 2ª** foram considerados os requisitos mais importantes.

Execução do projeto atendendo o regulamento da SAE Brasil; Tipo de pinça de freio a ser usado nas rodas dianteiras; Tipo de pinça de freio a ser usado no eixo ou rodas traseira; Tipo de cilindro mestre; Tipo de fluido de freio Inovação e desenvolvimento de novos materiais; Baixa Manutenção.

**Na 3ª etapa** foi elaborado a conversão dos dados quantitativo e qualitativo:

Atender o regulamento; Alta resistência a condições severas de esforços; O veículo deve possuir um sistema de freio hidráulico que atue em todas as rodas; O sistema deve ser capaz de travar todas as rodas, tanto em condição estática ou dinâmica em diferentes tipos de pistas; Seleção do tipo de freio a ser utilizado;

**Na 4ª** etapa repete-se o que é importante para o trabalho, assim obtendo:

Atender o regulamento; Alta resistência a condições severas de esforços; O veículo deve possuir um sistema de freio hidráulico que atue em todas as rodas; O sistema deve ser capaz de travar todas as rodas, tanto em condição estática como em movimento em superfícies pavimentadas e não pavimentadas; O sistema de freio deve atender todos os requisitos do o regulamento; Correção dos problemas apresentados durante a execução e testes.

**Na 5ª** etapa, tem-se a definição do problema:

Solucionar e corrigir problemas apresentados durante o projeto ou teste.

Tabela 1. Lista de Requisitos

| Linha Mestra | | Lista de Requisitos para o projeto do sistema de freios de um Veículo Off-Road | Folha 1/pág1 |
|---|---|---|---|
| | E/D | | |
| **1 -** | | **Requisitos do Regulamento** | |
| | E | Dois sistemas hidráulicos independentes. | |
| | E | Dois sensores de pressão para acionamento de luz de freio. | |
| | E | Luz de freio atender a norma SAE | |
| | E | Utilizar sistema de travamento em elementos de fixação dos componentes de freio. | |
| | E | Travar as quatro rodas | |
| | E | Ser operado por pé único | |
| | E | As linhas não podem encostar em arestas cortantes | |
| | E | As linhas devem possuir faixa de movimento completa com o movimento da suspensão e direção e não serem esmagadas por outras peças em nenhuma posição. | |
| | E | As linhas nunca podem ser carregadas em tração com o movimento da suspensão e direção. | |
| | E | As linhas precisam ser projetadas para a pressão esperada no sistema de freio, e devem ser quimicamente compatíveis com o fluido de freio utilizado. | |
| | E | Linhas de freio de plástico são estritamente proibidas. | |
| | E | Ficha técnica de segurança | |
| **2 -** | | **Projeto Sistema de Freio** | |
| | E | Teste de frenagem | |
| | E | Alta resistência a condições severas de esforços | |
| | D | Sistema de regulagem manual/automática de transferência de frenagem da dianteira/traseira | |
| | E | O veículo deve possuir um sistema de freio hidráulico que atue em todas as rodas. | |
| | E | O pedal deve atuar diretamente o cilindro mestre por uma conexão rígida, isto é, cabos não são permitidos. | |
| | E | O sistema deve ser capaz de travar todas as rodas, tanto em condição estática como em movimento em superfícies pavimentadas e não pavimentadas. | |
| | D | Tipo de fluido freio | |
| **3 -** | | **Ergonomia** | |
| | D | Posição de acionamento do pedal e esforço ergonomicamente correto aplicado ao pedal de freio. | |
| | D | Menor esforço e controle do pedal | |
| **4 -** | | **Materiais** | |
| | D | Novos Materiais para o projeto | |
| **5 -** | | **Manutenção** | |
| | D | Baixa Manutenção | |
| **6 -** | | **Segurança** | |
| | E | Piloto | |
| | E | Comissários e pedestres | |

A lista de requisitos demonstra todas as necessidades solicitadas no regulamento da competição Baja SAE Brasil, assim, passando as condições que o projeto deve atender para participar da mesma. O desenvolvimento da lista de requisito foi elaborado atendendo todas as solicitações do regulamento da competição, o freio é um dos itens mais avaliado durante o período das provas da competição, sendo assim foram selecionados os itens que teriam maior exigência e apresentaria melhor eficiência, baixa manutenção e o custo para a execução do projeto. Como pode se observar na lista de requisitos. As seis características citadas na lista de requisitos são fundamentais para o bom funcionamento do sistema, sendo assim optou-se por aplicar a metodologia projetual para a definição dos itens melhores avaliados para a aplicação no projeto atendendo as necessidades do projeto.

## 2.3 Concepção

Elaborada a lista de requisito passou-se para a segunda fase da metodologia Pahl et al. (2005), estabelecendo a concepção do produto. Utilizando a lista de requisitos e a ferramenta de abstração, proposta pelos autores, se definiu a função global que o produto deve cumprir. O fluxograma da Fig. 3 apresenta as entradas, saídas e a função global encontrada, assim como as subfunções necessárias para o atendimento da função principal.

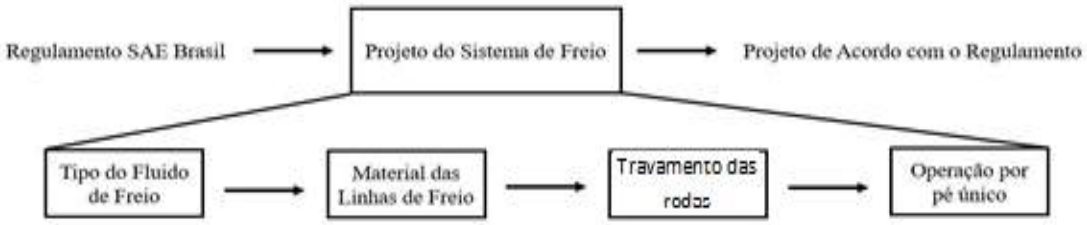



Figura 3. Função Global do Produto e Subfunções

## 2.4 Variantes de solução

Após a definição da função global e suas funções principais, foram definidas as subfunções principais conforme a importância que as mesmas exercem no sistema, estas influenciam diretamente no funcionamento do sistema fazendo com que o mesmo tenha uma uma melhor eficiência, conhecendo a necessidade, são apresentadas possíveis soluções para cada função apresentada anteriormente. Para auxiliar nestes princípios de soluções, uma matriz morfológica foi elaborada. A matriz morfológica tem por conceito, apresentar possíveis formas de solução para cada etapa do projeto. Assim, a matriz morfológica é apresentada na Tab. 2.

Tabela 2. Matriz morfológica com soluções para cada função

| | **Princípio da Solução** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Função** | **Solução 1** | **Solução 2** | **Solução 3** | **Solução 4** |
| Tipo de Fluído de freio | Dot 3 | Dot4 | Dot5 | Dot 5.1 |
| Tipo de material da linha de freio | Aeroquip | Tubo metálico | Mangueira de borracha com trama Nylon | Mangueira de borracha com trama aço |
| Travar as quatro rodas | Freio a disco pinça flutuante | Freio a disco pinça fixa | Freio a tambor | ---- |
| Acionamento do pedal por pé único | Dois cilindros mestres de freio fixo | Dois cilindros mestres de freio com Brake balance | Um Cilindro mestre duplo | Um cilindro mestre simples |

Partindo das sub funções pode se analisar quais são os materiais com indicação e suas respectivas descrições, onde foi levantado alguns princípios de funcionamento dos produtos disponíveis no mercado para a elaboração de sistemas de freio, foi gerado a matriz morfológica, que tem a função de apresentar possíveis formas de solução para cada problema do sistema de freio. Na combinação sistemática de princípios de elucidação utiliza-se a Fig. 4, na qual constam na primeira coluna a sub função/função a serem satisfeitas, e em suas respectivas linhas, os princípios de solução descobertos.

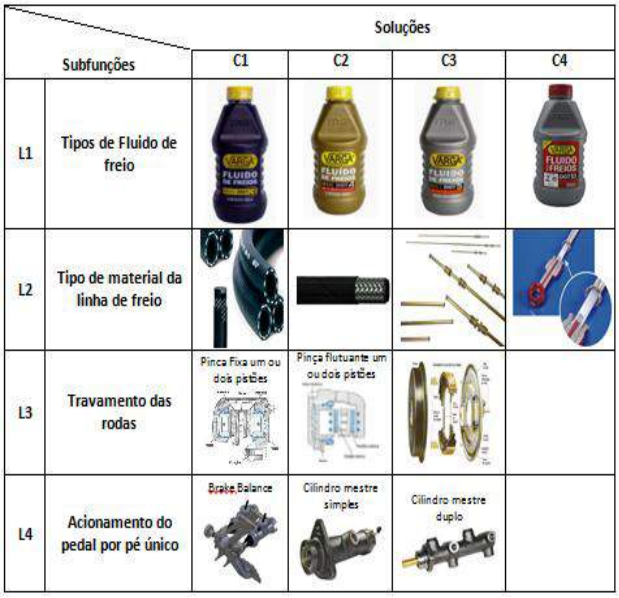



Figura 4. Matriz morfológica das subfunções

Após a confecção da matriz procura-se definir um número de soluções possíveis para adequá-lo ao projeto, quadro 1. Havendo a reunião de todas as variáveis pode-se melhorar, beneficiando o projeto. Para a realização desta matriz focou-se no princípio de melhor solução para cada etapa prevista pela metodologia de projeto, encontrando assim possibilidades reais de se atender a lista de requisitos proposta.

Após a identificação das soluções para as funções principais do equipamento foi necessária uma avaliação minuciosa para que a escolha das peças e materiais propostos seja feita corretamente. Através de uma lista de seleção esboça-se no Tab. 3 a capacidade de solução que cada princípio possui. Neste caso específico serão colocados os seguintes critérios para análise:

- Atende o regulamento?
- Atende os requisitos de Segurança?
- Custo?
- Baixa manutenção?
- Atende as necessidades e eficiência na utilização?

Tabela 3. Avaliação das Soluções

| | **Avaliar Alternativas de solução de acordo com os critérios e seleção S – Sim N – Não** | | | | | | Possíveis soluções encontradas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 • Atende o Regulamento? | 2 • Atende aos requisitos de Segurança? | 3 • Custo? | 4 • Baixa Manutenção? | 5 • Atende as necessidades e eficiência na utilização? | Observações: | |
| L1C1 | S | S | S | N | N | | |
| L1C2 | S | S | S | N | N | | |
| L1C3 | S | S | N | N | N | | |
| L1C4 | S | S | N | S | S | Repele a umidade evitando o ponto de ebulição devido a temperatura e contato com água | ok |
| L2C1 | S | S | S | N | N | | |
| L2C2 | S | S | S | N | N | | |
| L2C3 | S | S | S | S | S | Tubo para partes rígidas | ok |
| L2C4 | S | S | N | S | S | Tubo para partes flexíveis | ok |
| L3C1 | S | S | S | S | S | Pinça ideal para freio dianteiro | ok |
| L3C2 | S | S | S | S | S | Pinça ideal para freio traseiro | ok |
| L3C3 | S | S | N | N | - | | |
| L3C4 | - | - | - | - | - | | |
| L4C1 | S | S | N | N | S | | |
| L4C2 | S | S | S | S | N | | |
| L4C3 | S | S | S | S | S | Cilindro mestre duplo para todas as pinças | ok |
| L4C4 | - | - | - | - | - | | |

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados seguintes compreendem as saídas das atividades propostas pela metodologia de Pahl e Beitz na primeira e segunda fase com base dos itens selecionados para a aplicação da metodologia. Após descarte de soluções mostrado no quadro 1, resultou em uma variante de solução, que orientará o desenvolvimento do sistema de freio.

O itens relacionados ao projeto de desenvolvimento do freio foram selecionados na seguinte sequência:

Fluido de freio Dot 5, devido ao alto ponto de ebulição e não absorver umidade;

Linha do fluido hidráulico foi selecionado o Aeroquip para partes flexíveis e articulação, devido a sua resistência a expansão, e o tubo rígido metálico no locais que não sofrem flexões;

Para travar as quatro rodas será utilizado as duas pinças flutuantes de um pistão na dianteira as quais serão acopladas aos montantes dianteiros, e duas pinças fixas simples no eixo traseiro;

O tipo de acionamento para o sistema será o cilindro duplo devido ao menor número de componentes o que aumenta a probabilidade que não ocorra falhas.

Na Fig. 5 pode se visualizar o projeto do sistema de freio, demonstrando os itens selecionados na metodologia projetual.

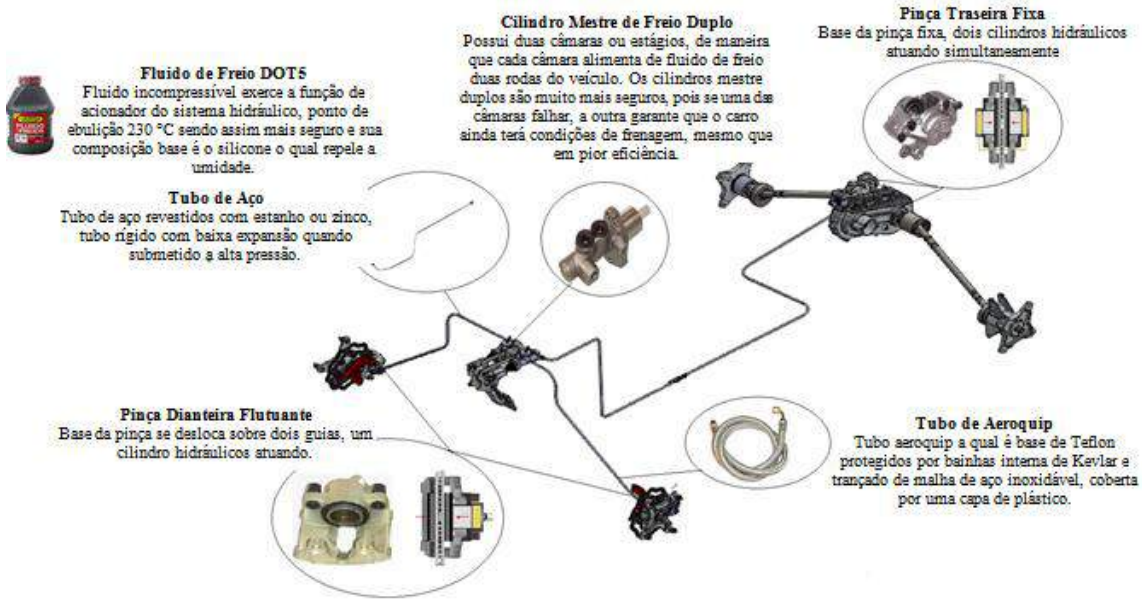



Figura 5. Projeto do sistema de freio
*(Fonte: Autor)*

## 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho adotou-se a metodologia de projeto proposta pelos autores Pahl e Beitz buscando atender os seguintes objetivos: visualizar os componentes e suas aplicações de forma que os mesmos atenda o regulamento do Baja SAE Brasil com o auxílio de uma metodologia projetual, assim para os problemas detectados apresentar soluções corretivas. A aplicação da metodologia projetual demonstrou informações importantes na lista de requisitos e nas variantes de soluções capazes de auxiliarem na execução da seleção dos itens em pauta. Pode se observar que os itens que foram aplicados a metodologia projetual direcionaram para a seleção mais indicada para aplicação no projeto, demonstrando com clareza os principais características para cada função dos componentes selecionados. Desta forma, os objetivos propostos por este estudo foram atendidos. A metodologia projetual possibilitou evitar de ideias fixas e práticas rotineiras sem uma avaliação criteriosa dos dos componentes avaliados fazendo com que os mesmos atendam ao regulamento do Baja SAE Brasil e tenham uma melhor eficiência durante sua utilização. Com a experiência apresentada neste trabalho pode se concluir que a metodologia projetual se encaixa diretamente para a execução do projeto do sistema de freio para o veículo Baja SAE Brasil podendo ser aplicado aos componentes que não foram citados neste trabalho e matéria prima utilizada para a fabricação dos seus componentes, assim aumentado a probabilidade de um melhor projeto.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, G. C. M. Projeto e Dimensionamento de um Sistema de Freios Aplicado a um Veículo Fórmula SAE. 2014. 150 p. Projeto de Graduação para obtenção do título de Engenheiro Mecânico, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

PUHN, F. Brake Handbook, 1 ed., New York, HpBooks, 1987.

COSTA, P. G. A Bíblia do Carro. Versão Digital, 2002.

MOORE, H. F. Análise de desempenho de um controlador Bang-Bang em um sistema de freio ABS. 2014. 87 p. Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Automotiva da Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEM, jörg; GROTE, Karl H. Projeto na Engenharia. 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.

SALÃO DO CARRO. Freios a Disco. Disponível em <https://salaodocarro.com.br/como-funciona/freios-a-disco.html>. Acesso em 15 de maio de 2018.

FORMULA UFSCAR. Sistema de Freios a Tambor. Disponível em <http://www.formula.ufscar.br/blog/freios-a-disco-ou-a-tambor-diferencas-e-aplicacoes/>. Acesso em 15 de maio de 2018.

## 6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia Mecânica:

# Engenharia e Tecnologia de Materiais

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES PROCESSOS DE ESFEROIDIZAÇÃO EM UM AÇO SAE 52100

**Alan Josias Birck**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo
alanjbirck@aluno.santoangelo.uri.br

**Vagner Schuster Ferrazza**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo
vagnersferrazza@aluno.santoangelo.uri.br

***Resumo.*** *Este artigo procurou comparar os quatro processos de esferoidização em um aço de alto teor de carbono, o aço SAE 52100. Foram feitos processos de esferoidização subcrítica, pendular, de temperatura controlada e a mais comum no mercado, a sobre crítica. Os quatro ciclos térmicos de esferoidização foram: o primeiro a 710°C por 15 horas, o segundo varia entre 750°C e 710°C por seis horas e meia, o terceiro a 750°C por seis horas tendo, posteriormente, um resfriamento controlado até 400°C em cinco horas, seguido por um resfriamento na mufla e o último, a 750ºC por 22 horas. Os parâmetros microestruturais foram analisados por meio de metalografia. Ensaios de dureza foram realizados para a análise do comportamento mecânico do material, o qual, posteriormente, foi relacionado para identificar qual processo seria mais eficiente a ser usado pela indústria.*

***Palavras-chave:*** *Esferoidização, Aço SAE 52100, Processos.*

## 1.r INTRODUÇÃO

Quando se analisa um aço com alto teor de carbono, a cima de 0,6%, se verifica que o mesmo é bastante duro e resistente, o que torna a usinabilidade do mesmo muito difícil e cara. Isso se deve à quantidade de perlita e cementita em sua constituição. Nos aços hipereutetóides, é de cerca de 95% a presença de perlita e 5% de cementita na microestrutura, tendo assim uma baixa presença de ferrita. Para resolver isso existe o tratamento térmico específico que é chamado de esferoidização.

A esferoidização dá ao material ductilidade e maleabilidade para que se torne, em outras palavras, "macio". Esse tratamento consiste em dissolver os carbonetos presentes na microestrutura dos aços, ou seja, a perlita, e reagrupa-los em uma estrutura esferoidal em cima de uma matriz formada por ferrita. Essa forma esférica dos carbonetos é que dá o nome do processo. Para a dissolução dos carbonetos, o material precisa ficar exposto por longos períodos de tempos. Mas existem formas diferentes de esferoidização, que podem diminuir esse tempo e também os custos de processo.

Os quatro modelos de ciclos de aquecimento para se obter a esferoidita são: a esferoidização subcrítica, a esferoidização pendular, a esferoidização controlada e a esferoidização sobre crítica. Essas quatro formas possuem suas temperaturas em uma mesma margem que fica próxima à linha de temperatura crítica (A1), podendo ser acima ou abaixo dessa linha. Mas a característica que diferencia cada um dos ciclos ou rampas de aquecimento é a forma e a quantidade de tempo que o corpo de prova fica sob aquecimento e também sob resfriamento, podendo até intercalar aquecimento e resfriamento.

O intuito desse artigo é verificar qual das três formas de processos menos comuns, ou seja, a esferoidização subcrítica, a pendular ou a de temperatura controlada consegue oferecer resultados mais próximos de menor dureza e de microestrutura do processo de esferoidização sobre crítica. O processo que tiver os melhores resultados na comparação citada, será considerado a forma de processo mais eficiente para a indústria.

## 2.r METODOLOGIA

### 2.1r Corpo de prova

Foram utilizados três corpos de provas padronizados para norma ABNT NBR ISO 6892-1:2013 para a comparação. Eles precisam ter um comprimento útil, que desconsidera a porção utilizada para fixação e também a área

de transição da porção com bitola maior e a útil. Esse comprimento deverá ser dez vezes a largura da seção dessa mesma porção de material útil, conforme é mostrado na Figura 1.

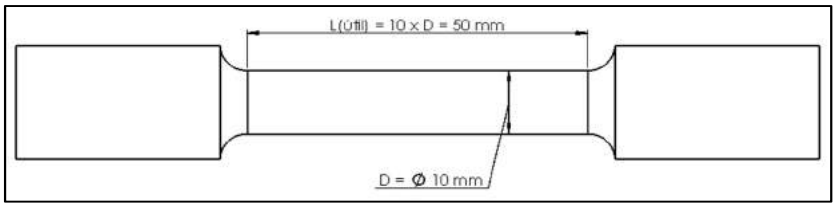



Figura 1. Dimensões do corpo de prova.

### 2.2r Material

A melhor composição química de um material para a formação da esferoidita é aquela que dispõe de maior quantia de carbono em sua estrutura, por isso, o aço utilizado neste trabalho foi o SAE 52100. Como é um aço hipereutetóide, tendo entre 0,98% e 1,1% de carbono, a maior quantidade do elemento dá a maior disponibilidade do mesmo, para facilitar o envolvimento das porções de cementita que juntamente com a perlita, dão a maior dureza ao material, assim formando os grãos de esferoidita.

A composição química do aço SAE 52100 está representada a baixo, no Quadro 1.

Quadro 1 – Composição química do aço SAE 52100.

| C % | Si % | Mn % | Cr % |
|---|---|---|---|
| 0,98 – 1,10 | 0,15 – 0,35 | 0,25 – 0,45 | 1,30 – 1,60 |

Fonte: ASM Metals HandBook Volume 1 – Properties and Selection: Irons Steels and High Performance Alloys.

### 2.3r Temperatura crítica

O primeiro parâmetro importante do material, para os processos, é a sua temperatura crítica (A1). Afinal é em torno dessa que se dá a principal modificação estrutural do material e que também se dão as rampas de aquecimento e de resfriamento utilizadas nesse trabalho. Segundo Metals Handbook Volume 4: Heating Treating, a temperatura de A1 para o aço SAE 52100 é de 725°C.

### 2.4r Tempo de encharque

A permanência do corpo de prova sob a temperatura, tem como base o "tempo de encharque". Ele consiste no tempo necessário para a homogeneização da temperatura desde a superfície até o núcleo (Chiaverini, 1979). Assim, é diretamente proporcional às dimensões utilizadas no corpo de prova, ou seja, quanto maior o corpo, maior será o tempo.

Esse tempo é calculado com base no diâmetro do corpo de prova a ser ensaiado posteriormente, que nesse caso é diâmetro pertencente ao comprimento útil, como mostra a figura 1, $d = 10\ mm$. Para o cálculo da mesma, foi utilizado a relação de 1 $hora/polegada$, assim, para homogeneizar a temperatura em todo o corpo de prova, precisa-se de 22 minutos de incidência de calor sobre a peça.

## 3.r PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

A esferoidização pode ser feita baseada em quatro principais modos: a pendular, a subcrítica, a de resfriamento controlado e a sobre crítica. Suas temperaturas sempre giram em torno da temperatura de A1, podendo ser numa margem de 15°C a 35°C acima ou abaixo dessa linha, segundo Rossi (1983). A rampa de aquecimento é que diferencia os processos, isto é, a forma como que os corpos de provas são aquecidos, são mantidos a temperatura constantes e, por fim, o modo como são esfriados. Nesses quatro processos, foram avaliadas as durezas e também as respectivas microestruturas. Para isso, será utilizada no caso da dureza, um durômetro medindo em Rockwell na escala C. Para obter a microestrutura, os corpos de prova foram submetidos a um ataque de Nital 3%, e para a visualização um microscópio óptico.

### 3.1r Esferoidização pendular

A esferoidização pendular consiste no aquecimento do corpo a uma temperatura acima de A1 por algum tempo seguido de um resfriamento até uma temperatura abaixo de A1 também mantida por um valor de tempo. Depois disso é mantido a mesma alternância de aquecimentos e resfriamentos, até, no fim, prosseguir de um resfriamento na mufla.

Nesse processo foi aquecido o forno a uma temperatura acima de A1, 750°C, então foi inserido o corpo de prova na mufla. Essa temperatura foi mantida por 44 minutos, que é duas vezes a temperatura de encharque do corpo de prova (22 minutos).

Então foi resfriado lentamente, com a taxa de 1°C/min, chegando a 710°C, abaixo de A1. Essa temperatura foi mantida pelo mesmo tempo, 44 minutos, e depois foi aquecido com a mesma taxa de 1°C/min até chegar novamente a 750°C. Essa alternância de temperaturas se manteve até completar seis horas e meia de processo. Por fim, o resfriamento se deu dentro da mufla desligada. O gráfico da Figura 2 demonstra a visão geral da rampa de aquecimento da esferoidização pendular.

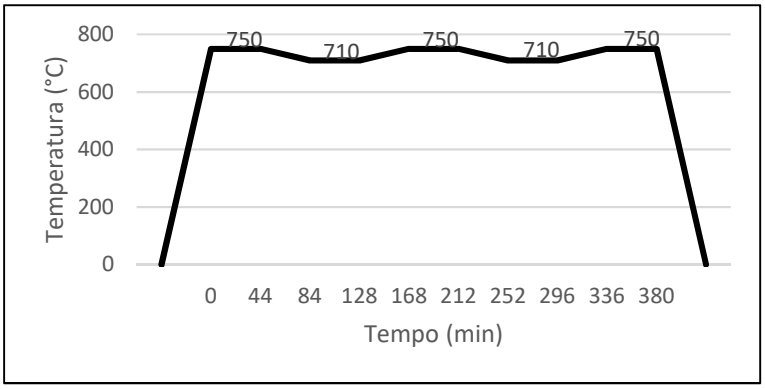



Imagem 2. Rampa de aquecimento da esferoidização pendular.

### 3.2 Esferoidização subcrítica

Esse ciclo, se dá pelo aquecimento do forno até uma temperatura a baixo de A1, seguida da inserção do corpo de prova na mufla, ficando sob incidência da temperatura por período. No final o mesmo é resfriado dentro da mufla.

O forno aqueceu até uma temperatura de 710°C (abaixo de A1), então foi inserido o corpo de prova na mufla. Essa temperatura foi mantida por 900 minutos, ou 15 horas, seguido de um resfriamento dentro do forno desligado.

A rampa de aquecimento referente a esse processo está representada no gráfico da Figura 3.

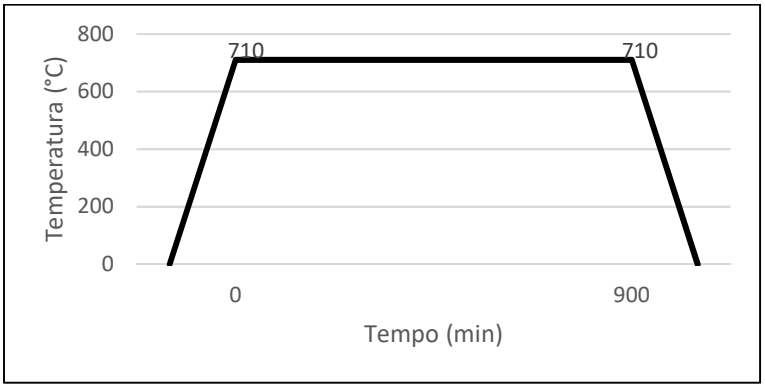



Figura 3. Rampa de aquecimento do processo de esferoidização subcrítica.

### 3.2r Esferoidização de temperatura controlada

Esse processo consiste em um aquecimento do forno até uma temperatura a cima de A1 e então o corpo de prova é inserido na mufla. Ali, ele permanece por uma quantia de tempo estipulada, mas um tempo menor que o utilizado na esferoidização sobre crítica. Depois o forno é esfriado até uma temperatura inferior a A1, ficando na faixa de 350°C a 450°C, mas com uma velocidade de resfriamento inferior à que ocorre com o forno desligado.

O forno foi aquecido até 750°C (acima de A1), logo após, foi posto o corpo de prova na mufla. Essa temperatura foi mantida até completar 360 minutos ou 6 horas, sendo a mesma quantia de tempo de forno que a esferoidização pendular.

Após isso, foi feito um resfriamento controlado com taxa de 1,2°C/min. Totalizando 660 minutos ou 11 horas de aquecimento e o restante do resfriamento se deu ao forno desligado. O gráfico da Figura 4 mostra como se deu o ciclo desse processo.

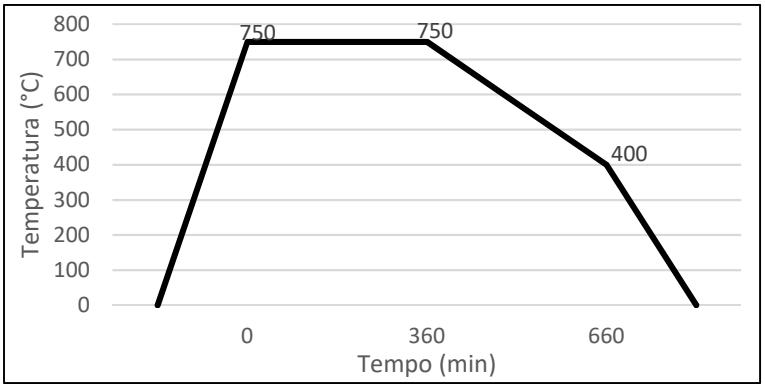



Figura 4. Rampa de aquecimento da esferoidização de temperatura controlada.

### 3.4r Esferoidização sobre crítica

Essa rampa teve um aquecimento até 750ºC, a cima de A1. Então foi posto o corpo de prova na mufla, na qual permaneceu sob essa temperatura por 1320 minutos ou 22 horas. Depois, o resfriamento se deu dentro da mufla desligada.

A rampa de aquecimento referente a esse processo está representada no gráfico da Figura 5.

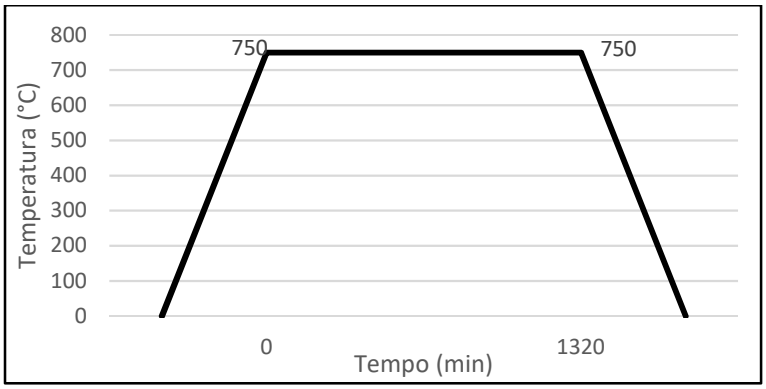



Figura 5. Rampa de aquecimento da esferoidização sobre crítica.

## 4.r RESULTADOS E DISCUSSÕES

As imagens obtidas pela metalografia dos corpos de prova sujeitados pelos três ciclos menos comuns podem ser vistas nas Figuras 5, 6 e 7.

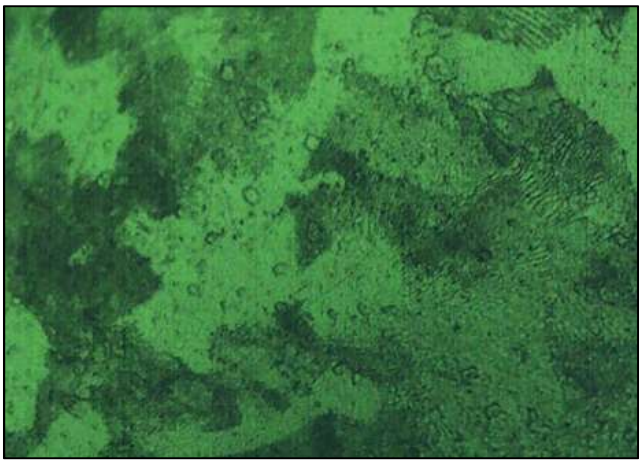


Figura 5. Metalografia referente ao processo de esferoidização pendular. Aumentado em 400x.

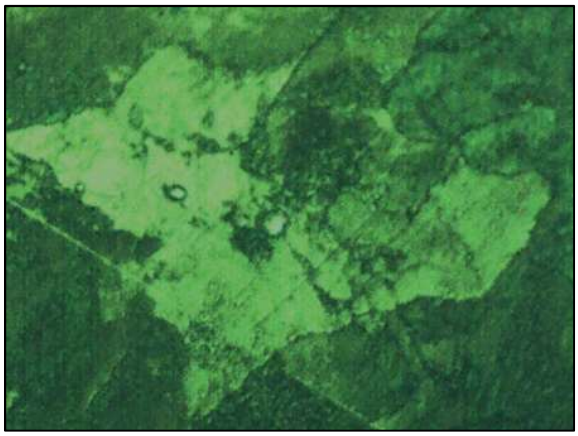


Figura 6. Metalografia referente ao processo de esferoidização de resfriamento controlado. Aumentado em 400x.

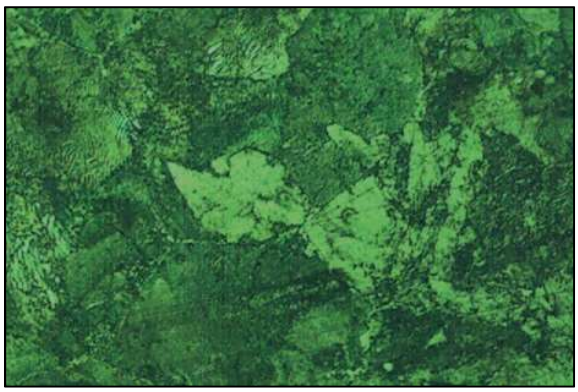


Figura 7. Metalografia referente a esferoidização subcrítica. Aumentado em 400x.

Se observar o resultado metalográfico da esferoidização pendular na imagem 5, pode se constatar a existência de três estruturas, duas delas comuns, que é a perlita, na parte com uma coloração mais escura, e a ferrita na estrutura com coloração mais clara. A terceira estrutura, mesmo que em menor quantidade é a esferoidita.

Na imagem 6, obtida da esferoidização de resfriamento controlado, as estruturas de de perlita e ferrita sem mantem em grande quantidade, mas a esferoidita se apresenta em pouca quantidade, inferior a quantidade da esferoidização pendular. Agora, olhando para a imagem 7, da esferoidização subcrítica, as únicas estruturas que aparecem são a de perlita e ferrita.

Se comparar a microestrutura obtida nas três primeiras formas nas imagens 6, 7 e 8, pode-se identificar que a perlita se apresenta com um grão de tamanho grande e bem grosseiro. Depois aparece a matriz de ferrita, na qual a esferoidita tende sempre a se formar (Kieckow et. al. 2006). A terceira estrutura que aparece, em formato esférico, mesmo que em pouca quantidade e tamanhos muito pequenos, é a esferoidita.

Já na forma mais comum de esferoidização, a sobre crítica, mostrou a esferoidita formada. A metalografia do processo de esferoidização sobre crítica pode ser vista na imagem 8.

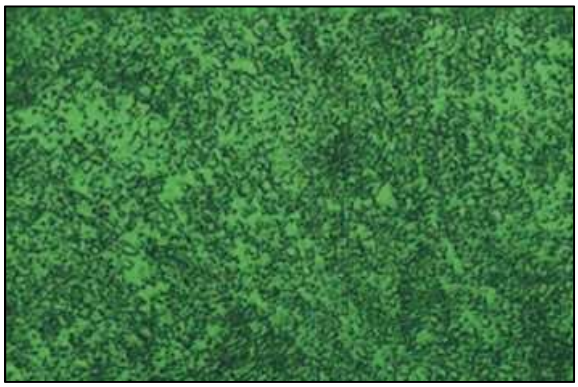


Figura 8. Metalografia referente a esferoidização sobre crítica. Aumentado em 400x.

Outro parâmetro obtido nesse estudo foi a dureza dada por cada uma das estruturas dos quatro tipos de processos. Também foi obtido, para fins de análise, a dureza do aço SAE 52100 normalizado, para mostrar melhor o ponto de partida da dureza, para todos os tratamentos aplicados. Os valores das durezas estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Durezas obtidas.

| Processo | Dureza em HRC | Dureza em HB |
|---|---|---|
| Esferoidização pendular | 21 | 230 |
| Esferoidização com temperatura controlada | 22 | 238 |
| Esferoidização subcrítica | 23 | 243 |
| Esferoidização sobre crítica | 14 | 203 |
| Corpo de prova de normalizado | 25 | 255 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre as três primeiras formas de rampa, a que deu a menor dureza, sem contar a forma de esferoidização sobre crítica, como mostra a tabela 1, foi a esferoidização pendular seguida pela de temperatura controlada e depois pela subcrítica. Isso é ocasionado pela forma com que foi aplicado o ciclo de aquecimento, ou seja, os tempos e as temperaturas usadas. Como na esferoidização pendular usou-se variação de temperaturas acima e abaixo de A1, sempre utilizando o mesmo tempo para aquecimento, manutenção e resfriamento, se obteve uma melhor combinação das duas propriedades, de tempo e temperatura.

De modo geral, as imagens e os dados expostos até agora nesse artigo demonstram que os corpos de prova submetidos às esferoidizações pendular, de temperatura controlada e subcrítica, tiveram um tempo total de ciclo insuficiente para que se fosse possível obter de fato a esferoidita. Assim, apenas foi suficiente, para ocorrer pequenas porções de lamelas do início da solubilização dos carboetos de ferro.

## 5.r CONCLUSÃO

Por ser um formato de rampa mais fácil de ser aplicado na mufla e também mais garantido de se obter a esferoidização mais completa, pode-se justificar que a esferoidização sobre crítica seja a mais utilizada. Mas, em contrapartida, é um processo que requer mais temperatura, e por isso, energia. Isso torna-o mais custoso.

Mesmo que o ciclo não tenha tido tempo suficiente de processo para a formação efetiva da esferoidita, a esferoidização pendular mostrou ter os melhores resultados. Pois, foram os mais próximos dos que ocorreram na esferoidização sobre crítica, avaliando-se a microestrutura e a dureza

O formato em que se dá a intercalação dos pequenos intervalos de tempos de aquecimento, permanência na temperatura mais alta, seguida de resfriamento e uma permanência em temperatura mais baixa, possibilita ao processo ter características como menor tempo de processo e também mais tempo de incidência de menores temperaturas, e com isso, menos energia gasta. Por isso, a esferoidização pendular é o ciclo mais eficiente.

## 6.r REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 6892-1:2013. “Materiais metálicos - Ensaio de Tração - Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente”.

ASM HANDBOOK, *Heating Treating*. ASM Intern, v. 4, 1991.

ASM HANDBOOK, *Properties and Selection*: Irons Steels and High Performance Alloys. ASM Internacional, v. 1, 1990.

ROSSI, H. E. COUTINHO, C. A. B. “Influência das variáveis de processamento na esferoidização do aço SAE 52100”. *METALURGIA-ABM*, v.39, n. 310, set. 1983.

KIECKOW, Flávio; et. al. *Princípios de tratamentos térmicos em aços e ferros fundidos*. Apostila de aula, 2006.

CHIAVERINI, Vicente. *Aços e ferros fundidos*. Associação Brasileira de Metais, v. 4, 1979.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENDURECIMENTO POR PRECIPITAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS EM LIGAS DE AL-SI-MG FUNDIDAS

**Albino Moura Guterres, Prof. Dr.**
Instituto Federal Sul-rio-grandense – Campus Passo Fundo. Estrada Perimetral Leste, 150 - Passo Fundo - RS - CEP: 99064-440
e-mail: albino.moura@passofundo.ifsul.edu.br

**Naira Elizabete Barbacovi, Profa. Dra.**
Faculdade IDEAU. Av. Ruy Barbosa, 103 - Bairro Vila Petrópolis -Passo Fundo - RS - CEP: 99050-120
e-mail: nairabarbacovi28@gmail.com

***Resumo.*** *O objetivo do presente trabalho foi analisar os efeitos dos tratamentos térmicos na microestrutura, limite de resistência à tração e dureza em uma liga de Al-Si-Mg fundida. A possibilidade de substituição de ligas forjadas de Al-Mg-Si por ligas fundidas, permitindo redução de custos e aumento das propriedades mecânicas, motivou o estudo. A liga Al-3,8%Si-0,25%Mg foi preparada, fundida e solidificada em molde metálico. Amostras das seções transversais foram extraídas ao longo do comprimento dos lingotes para análises da microestrutura e realização dos ensaios de tração e dureza. Parte das amostras foram submetidas a tratamentos térmicos de endurecimento por precipitação. As microestruturas das amostras da liga, sem aplicação de tratamento térmico, revelaram a presença de uma matriz Al-α, microconstituinte eutético Al-α+Si, microconstituinte eutético Al-α+$Mg_2Si$ e intermetálicos $Al_5FeSi$ e $Al_{15}(Mn,Fe)_3Si_2$. Após a realização dos tratamentos térmicos, identificou-se arredondamento nas partículas do microconstituinte eutético Al-α+Si e a presença de grandes regiões de morfologia irregular do microconstituinte eutético Al-α+$Mg_2Si$. Durante a análise das propriedades mecânicas, observou-se que, após o tratamento térmico, a dureza e o limite de resistência à tração das amostras aumentaram em torno de 31% e 34%, respectivamente, isso se deu em função da presença de partículas $Mg_2Si$ precipitadas na matriz de Al-α.*

***Keywords:*** *Ligas Al-Si-Mg; Microestrutura; Tratamentos Térmicos; Propriedades Mecânicas.*

## 1.r INTRODUÇÃO

O uso de ligas de alumínio nas indústrias automotiva, aeronáutica e de fabricação de metais aumentou acentuadamente nas últimas décadas (Gopikrishna e Binu, 2013). A excelente fluidez, os custos de produção relativamente baixos, e a alta resistência em relação ao peso fazem das ligas de Al-Si-Mg uma opção atraente para produção de peças de alta resistência com baixo peso nas indústrias automotiva e aeroespacial (Serrano-Munoz *et al*., 2016).

A maioria dessas ligas é utilizada na condição forjada devido a suas melhores respostas mecânicas e físico-químicas. No entanto, o requisito para reduzir o consumo de energia nos processos de fabricação aumentou a atenção no que diz respeito ao uso de componentes e peças na condição de fundição, diminuindo as etapas de fabricação e os custos de produção.

Na condição de fundição, as ligas binárias Al-Si são as mais importantes e utilizadas entre as ligas de alumínio, principalmente devido à sua excelente capacidade de fundição e resistência (Osorio *et al*., 2008). A presença de Si e Mg permite que essas ligas sejam tratadas termicamente por endurecimento por precipitação (solubilização e envelhecimento), permitindo melhorar suas propriedades mecânicas, como dureza, resistência à tração e resistência à fadiga (Kaell, 2103).

As propriedades mecânicas das ligas fundidas de alumínio são significativamente dependentes de características microestruturais. Parâmetros estruturais como morfologia da macroestrutura, tamanho de grão, matriz dendrítica, porosidade e presença de impurezas são os aspectos mais importantes que afetam as propriedades metalúrgicas finais.
Embora existam numerosos estudos sobre as características das ligas à base de Al, a possibilidade de substituição de ligas forjadas de Al-Mg-Si por ligas fundidas, permitindo redução de custos e aumento das propriedades mecânicas, motivou o presente estudo. Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo investigar a influência dos tratamentos térmicos na microestrutura e propriedades mecânicas em ligas de Al-Si-Mg fundidas.

## 2.r METODOLOGIA

Foi obtida uma liga do sistema Al-Si-Mg com a seguinte composição: Al-3,8%Si-0,25%Mg (% em massa). O sistema Al-Si-Mg foi escolhido devido à importância das ligas em aplicações na indústria automobilística e aeronáutica. Essa liga foi produzida a partir da fusão de alumínio primário, alumínio-silício (12% de silício) e magnésio metálico.

Foram produzidos 6 lingotes da liga, para análise da microestrutura e propriedades mecânicas. Para isso, a temperatura do metal líquido no forno foi mantida entre 720ºC e 730ºC. A temperatura de vazamento foi de 700ºC. O metal líquido foi vazado em uma lingoteira, de aço inoxidável AISI 304, com diâmetro interno de 44 mm, altura de 180 mm e espessura de parede de 13 mm. A lingoteira foi pré-aquecida a 400ºC e a solidificação ocorreu de forma natural.

A partir dos lingotes foram retiradas amostras da seção transversal circular utilizadas para a análise das características microestruturais e determinação das propriedades mecânicas. As amostras foram obtidas realizando cortes transversais ao longo do comprimento dos lingotes. As amostras retiradas ao longo do lingote foram obtidas a uma distância de 40 mm da base da lingoteira, conforme observa-se na Fig. 1(b). A metade amostras produzidos foram submetidas ao tratamento térmico de envelhecimento por precipitação, sendo a etapa de solubilização realizada na temperatura de 540ºC ±10ºC, durante 6 h, seguido de resfriamento em água morna na temperatura entre 60ºC ± 5ºC. O envelhecimento artificial foi realizado na temperatura de 180ºC, durante período de 4 horas.

Na análise da porosidade, foram utilizadas todas amostras da seção transversal circular. Essa análise antecedeu os demais procedimentos. As amostras foram analisadas por picnometria utilizando o Método de Arquimedes, conforme recomendação da norma ASTM B 311-93 [13], e usando a Eq. (1):

$$\% \, Poros=[(\rho_T - \rho_A)/\rho_T]*100 \qquad (1)$$

onde $\rho_T$ é a massa específica teórica da amostra (kg / m$^3$); $\rho_A$ é massa específica aparente da amostra (kg/m3); sendo a massa específica teórica ($\rho_T$) determinada pela massa específica dos elementos químicos e suas porcentagens de massa medidas por espectrometria de emissão ótica (OES).

Para duas amostras, sendo uma amostra bruta de solidificação e outra tratada termicamente, foram analisadas as fases da microestrutura, para isso, tornou-se necessário a realização de análise micrográfica. Na realização da análise da micrografia, de cada amostra circular foi retirada uma amostra de seção quadrada de aproximadamente 15x15 mm, como observa-se na Fig. 1(c), na seção transversal em destaque realizou-se procedimentos de lixamento e polimento e ataque com solução de 5% HF (95 ml de $H_2O$ + 5 ml de HF) para revelação da micrografia.

Para a análise da microestrutura foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV-FEG), modelo F50, da marca Inspect, com acessório de microanálise por EDS (espectroscopia de energia dispersa). Na análise da microestrutura foi usado o detector BSE (elétrons retroespalhados), onde se conseguiu distinguir os precipitados através das tonalidades. A identificação da composição química dos precipitados presentes foi obtida pela técnica de EDS.

Na sequência, as amostras de seção transversal restantes (brutas de solidificação e tratadas termicamente) foram utilizadas para medição de dureza. Após, foram retirados de cada amostra dois corpos de prova para ensaio de tração, sendo obtido no total, 4 corpos de prova para cada condição. Na Figura 1(d) observa-se as amostras onde foram realizados os ensaios de dureza (seção transversal em destaque) e onde foram retirados os corpos de prova para ensaio de tração. Os corpos de prova, para ensaio de tração foram obtidos com dimensões reduzidas proporcionais ao modelo padrão, conforme especificado pela norma ASTM E8M-03.

Para obtenção das durezas nas amostras aplicou-se as técnicas de ensaio de dureza Brinell. Para isso, utilizou-se um Durômetro Brinell, um penetrador esférico de aço de Ø 5 mm, uma carga de 2500 N (250 kgf) e tempo de penetração de 20 segundos, segundo a norma ABNT NBR NM ISO 6506-1:2010. Foram realizadas três medidas em cada amostra.

Os ensaios de tração, para determinação do limite de resistência à tração foram executados utilizando a máquina de ensaios, com capacidade de 10.000 N, sistema de aquisição de dados do próprio fabricante, com uma velocidade de ensaio em torno de 4 mm/s. Os ensaios foram realizados conforme a norma ASTM E8M-03.

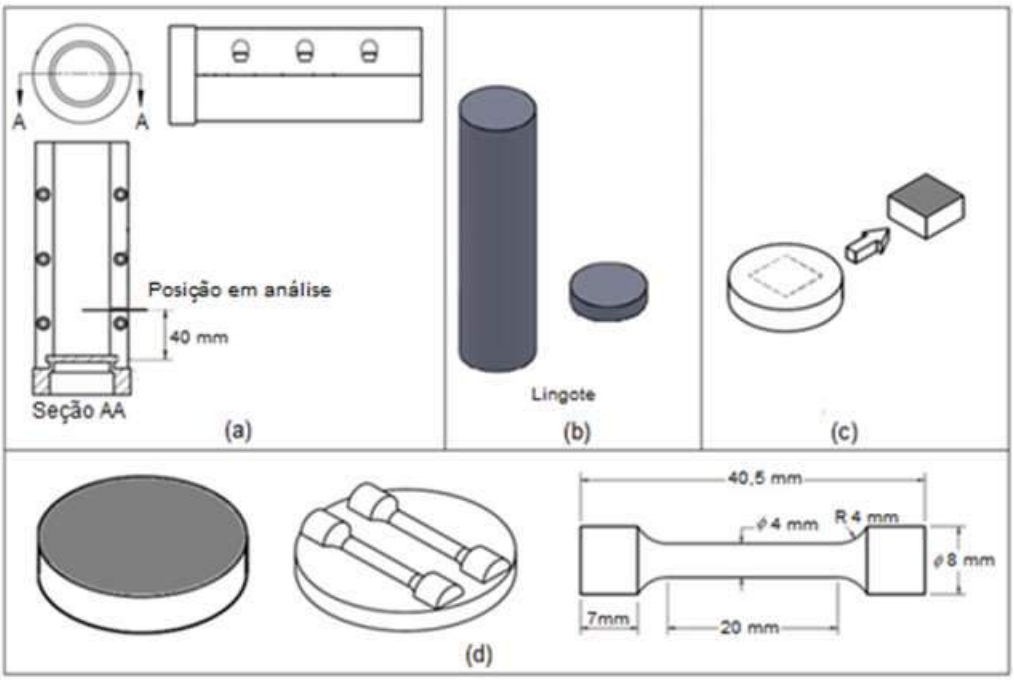



Figura 1. (a) Representação esquemática do molde (b, c, d) representação do lingote e amostras extraídas para metalografia e ensaios mecânicos.

Por fim, analisou-se a influência dos tratamentos térmicos nas fases da microestrutura e nas propriedades mecânicas de dureza e limite de resistência a tração na liga fundida Al-3,8%Si-0,25%Mg.

## 3.r RESULTADOS

Em todos os processos de fusão e solidificação, as temperaturas de fusão, de vazamento e aquecimento da lingoteira mantiveram-se iguais, com isso, a taxa de resfriamento manteve-se praticamente constante nas diferentes posições ao longo do lingote. Durante a solidificação, segundo Patakham *et al.* (2013), a taxa de resfriamento é a variável térmica de maior influência nas variações do tamanho de grão e dos espaçamentos dendriticos secundários. Segundo Dong *et al.* (2012), os espaçamentos dos braços dendriticos secundários e o tamanho de grão apresentam influência nas propriedades mecânicas das ligas de alumínio. Sendo assim, devido à taxa de resfriamento apresentar-se praticamente constante, os espaçamentos dos braços dendriticos secundários e o tamanho de grão, nas amostras, deverão apresentar pequenas variações, que não irão influenciar na variação das propriedades mecânica das ligas em estudo.

A partir dos dados obtidos sobre a porosidade, pôde-se observar nas amostras um percentual volumétrico médio de porosidade de 1,23% com um desvio padrão de 0,19%. As amostras apresentam pequena variação do percentual volumétrico, desta forma a porosidade não irá influenciar na variação das propriedades mecânicas da liga.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva de raios-X (EDS) foram usadas para identificar as fases e os precipitados nas amostras para ambas as condições. Na Figura 2(a) observamos que amostras nas condições brutas de solidificação apresentaram uma matriz de Al-α (áreas cinzas) e estruturas e compostos intermetálicos diferentes nas zonas interdendriticas. A estrutura em forma de escrita chinesa é composta por Al, Si, Mn e Fe, já a estrutura em forma de agulha, com coloração branca, é composta por Al, Si e Fe. Em relação às estruturas contendo Ferro, segundo Taylor (2012) e Budmeshki *et al.* (2015), os intermetálicos em formato de agulhas possuem estrutura com a composição β-$Al_5FeSi$, e conforme Taylor (2012), os intermetálicos do tipo escrita chinesa massiva possuem estrutura com a composição $Al_{15}(Mn, Fe)_3Si_2$. A matriz com coloração mais escura, conforme observado pela composição química, trata-se da matriz Al-α. A fase de coloração cinza claro, apresenta na sua composição Si e Al, o que pode caracterizá-lo como o microconstituinte eutético Al-α+Si. Já a estrutura com teores elevados de silício e magnésio de forma circular, segundo Emamy *et al.* (2013), são os microconstituintes eutéticos de Al-α+$Mg_2Si$.

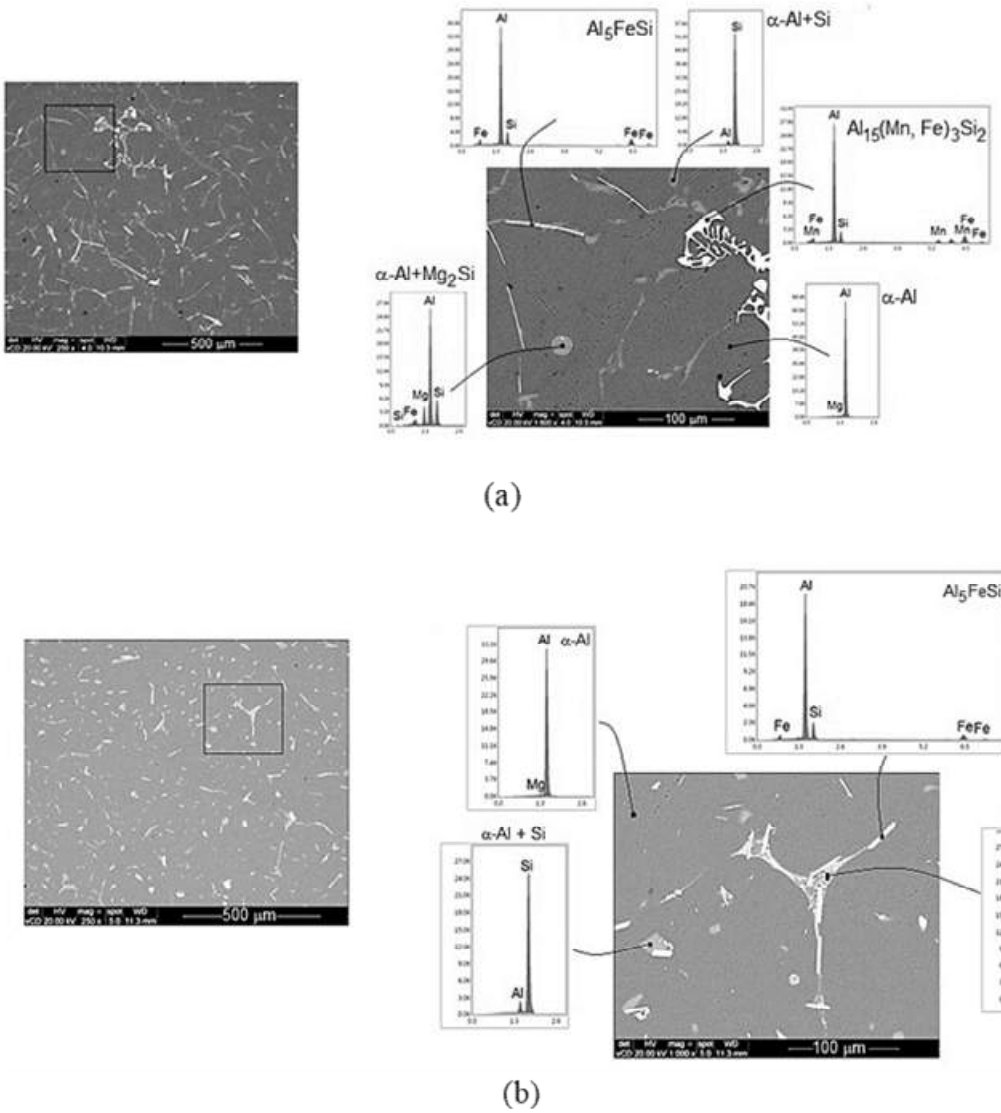



Figura 2. Imagens MEV e análise EDS de (a) Liga na condição bruta de solidificação e (b) Liga na condição tratada termicamente.

Após o tratamento térmico, as amostras foram analisadas para verificar a dissolução das partículas de $Mg_2Si$. A Figura 2(b) apresenta imagens metalográficas da liga. Ocorreu a dissolução das estruturas eutéticas α-Al + $Mg_2Si$ em grandes colônias com morfologia fibrosa. Os intermetálicos massivos de $Al_{15}(Mn, Fe)_3Si_2$, em forma de escrita chinesa, apresentaram uma dissolução parcial, modificando a morfologia anterior para uma morfologia irregular em blocos. As partículas intermetálicas β-$Al_5FeSi$ não apresentaram evidências de modificação significativa, e esse comportamento está de acordo com o apresentado por Yildirim e Ozyurek (2013). A estrutura α-Al + Si eutetico também são relativamente afetadas pelo tratamento térmico, se tornando mais arredondadas, como relatado por Gopikrishna e Binu (2013).

Os resultados dos testes de dureza e tração são apresentados na Tab. 1. Nota-se que as amostras tratadas termicamente apresentam maior dureza em comparação com as amostras nos estados brutos de solidificação. Os maiores valores de dureza foram observados devido aos teores de Mg e Si, os principais responsáveis pela formação de $Mg_2Si$. Após o tratamento térmico, observou-se a precipitação de colônias com morfologia fibrosa do microconstituinte eutético de Al-α+$Mg_2Si$ (Fig. 2b) que contribuem para o endurecimento (Kaygisiz e Marasli, 2015).

Tabela 1. Dureza e Limite de resistência à tração das amostras nas condições brutas de solidificação e tratadas termicamente

| Condição | Dureza Brinell [HBW/5/250] | | Limite de resistência a tração [MPa] | |
|---|---|---|---|---|
| | Valor Médio | Desvio Padrão | Valor Médio | Desvio Padrão |
| Brutas de solidificação | 51 | 0,42 | 120,7 | 2,76 |
| Tratadas termicamente | 67 | 0,31 | 162,2 | 9,40 |

Conforme a Tabela 1, observa-se que as amostras tratadas termicamente apresentam maiores limites de resistência à tração. Em geral, o aumento nos valores de resistência após o tratamento térmico é causado pela precipitação da segunda fase, principalmente o $Mg_2Si$. Estes precipitados estão fortemente ligados à distribuição mais homogênea da matriz dendrítica, atuando como obstáculos ao deslocamento durante o processo de escorregamento, melhorando a resistência à tração da liga (Yildirim e Ozyurek, 2013).

## 4.r CONCLUSÃO

Nesta etapa apresenta-se as principais conclusões de acordo com os resultados obtidos:

- O estudo revelou que às microestruturas das amostras nos estados brutos de solidificação, apresentaram a presença de uma matriz Al-α, e das seguintes estruturas: o microconstituinte eutético Al-α+Si; microconstituinte eutético Al-α+$Mg_2Si$; e os intermetálicos β-$Al_5FeSi$ e $Al_{15}(Mn,Fe)_3Si_2$. Após a realização do tratamento térmico de endurecimento por precipitação, identificou-se na microestrutura das ligas o arredondamento das partículas do microconstituinte eutético com Si (Al-α+Si) e a presença de colônias com morfologia fibrosa do microconstituinte eutético com $Mg_2Si$ (Al-α+$Mg_2Si$). Os intermetálicos ricos em Fe, principalmente a fase β-$Al_5FeSi$ quase não foram afetadas pelo tratamento térmico adotado.

- Constatou-se que o tratamento térmico de endurecimento por precipitação proporcionou um aumento de aproximadamente 34% no limite de resistência à tração e de aproximadamente 31% na dureza, em relação aos resultados obtidos na condição bruta de solidificação. Dessa forma, conclui-se que a Liga Al-3,8%Si-0,25Mg respondeu bem ao tratamento térmico, já que ocorreu a precipitação da fase $Mg_2Si$ na matriz de Al-α, como observa-se nas grandes colônias do microconstituinte eutético Al-α+$Mg_2Si$, base do endurecimento por precipitação e responsável pela boa resistência à tração.

## 5.r REFERÊNCIAS

ABNT NBR NM ISO 6506-1:2010. Materiais metálicos – Ensaio de dureza Brinell. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.

American Society for Testing and Materials, Philadelphia. ASTM Standart B311-93; Test Method for Density Determination for Powder Metallurgy (P/M) Materials Containing Less Than Two Percenty Porosity. PA

ASTM E 8M – 04. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004.

Bidmeshki, C.; Abouei, V.; Saghafian, H.; Shabestari, S.G.; Noghani, M.T. Effect of Mn addition on Fe-rich intermetallics morphology and dry sliding wear investigation of hypereutectic Al-17.5%Si alloys. Journalof Materials Research and Technology,v. 5, n. 3, p. 250–258,2016.

Dong, Q-Z; Choi, Y-S; Hong, J-H; Hwang, H-Y. Prediction of mechanical properties of Al alloys with change of cooling rate. Overseas Foundry, v.9 n.4, 2012.

Emamy, M.; Emami, A.R.; Khorshidi, R.; Ghorbani, M.R. The effect of Fe-rich intermetallics on the microstructure, hardness and tensile properties of Al–Mg2Si die-cast composite. Materials & Design, v. 46, p. 881-888, 2013.

Gopikrishna, S.; Binu, C. Y. Study on effects of T6 heat treatment on grain refined A319 alloy with magnesium and strontium addition. International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering, v. 2, n. 3, p. 59-62, 2013.

Kaleel, A. J. Study the effect of solution treatment on mechanical properties of Al-7%Si-0.3%Mg alloy. Natural and Applied Sciences, v. 4, n. 4, p. 195-200, 2013.

Osório, W. R.R.; Goulart, P. R.; Garcia, A. Effect of silicon content on microstructure and electrochemical behavior of hypoeutectic of Al-Si alloys. Materials Letters, v. 62, p. 365-369, 2008.

Patakham, Ussadawut; Kajornchaiyakul, Julathep; Limmaneevichitr, Chaowalit. Modification mechanism of eutectic silicon in Al–6Si–0.3 Mg alloy with scandium. Journal of Alloys and Compounds, v. 575, p. 273-284, 2013.

Serrano-Munoz, I; Buffiere, J. Y; Verdu, C; Y. Gaillard, Y; Mu, P; Nadot, Y. Influence of surface and internal casting defects on the fatigue behaviour of A357-T6 cast aluminium alloy. International Journal of Fatigue, Volume 82, Part 3, pp. 361-370, 2016.

Taylor, J.A. Iron-containing intermetallic phases in Al-Si based casting alloys. Procedia Materials Science, v. 1, p. 19-33, 2012

Yildirim, M.; Ozyurek, D. The effects of Mg amount on the microstructure and mechanical properties of Al-Si-Mg alloys. Materials and Design, 51, pp. 767-774, 2013.

## 6.r AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores Albino Guterres e Naira Barbacovi são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM PASTAS GEOPOLIMÉRICAS

**First Author's Name:** Edgar Munaretto Korf
**Second Author's Name:** Richard Thomas Lermen
Institution and address: IMED/Passo Fundo/RS
e-mails: edgarkorf@hotmail.com; richard.lermen@imed.edu.br

**Third Author's Name:** Luis Felipe Foscarini
Institution and address: IMED/Passo Fundo/RS
e-mail: luisffoscarini@gmail.com

**Abstract.** Geopolymerization is a process of transformation of sources rich in aluminum oxide and silicon in bonding materials with characteristics close to or greater than that of Portland cement. Commonly used in this process are natural pozzolans or industrial wastes, such as fly ash and blast furnace slag, metakaolin. Metacaulim, a precursor to be evaluated in this research, is one of the abundant raw materials for the manufacture of geopolymers, it is a potentially reactive material that presents proportions of silica and alumina that vary in function of their origin. Thus, this work reports an experimental study of a geopolymer paste based on metakaolin for the evaluation of water absorption index by immersion, according to norm NBR 9778. First the precursor (metacaulim) was activated using sodium silicate and sodium hydroxide, varying the type and concentration of the activators. After molding samples 4 cm in diameter by 8 cm in height and submitted to the tests to evaluate the physical properties of water absorption and voids index. The results indicate that the performance of geopolymers is influenced by the molar ratio SiO2 / Al2O3 and the amount of soluble silica in the activator. It is observed that the increase of these relations bring improvements, making the folders more compact and with lower porosity index.

***Keywords:*** *geopolymers, silica, alumina, metakaolin, precursor, activator.*

## 1. INTRODUCÃO

Geopolímeros são agentes ligantes de aluminossilicato que endurecem a baixa temperatura (25 – 80ºC) em um período relativamente curto de tempo (2 – 48h) (Provis and Bernal 2014a). Eles são normalmente produzidos pela combinação de um material precursor tais como metacaulim, escórias de alto forno, ou cinzas volantes, com soluções alcalinas (Bell, Driemeyer, and Kriven 2009). Esses materiais já foram estudados para uma série de aplicações, incluindo diminuição de taxas de $CO_2$ em comparação ao cimento Portland (Duxson et al. 2007), compósitos reforçados com fibra (Joseph Davidovits 1988), refratários (J. Davidovits 1991) e como precursores para a formação de cerâmica (Ikeda et al. 2001).

O problema ambiental é a principal impulsionadora desta nova tecnologia. A produção de cimento contribui com cerca de 8% das emissões globais de CO2 (Scrivener and Kirkpatrick 2008), (Provis and Bernal 2014b). Os materiais alcalinos podem ser utilizados como alternativas de ligantes à base de cimento Portland. Uma vez que a maior parte do material aglutinante ativado por álcali é geralmente derivado de subprodutos industriais, aos quais é atribuída pouco ou nenhum dano ambiental, estes ligantes foram identificados como materiais potenciais de redução na emissões de gases quando comparado com o cimento Portland (Provis 2014).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar uma pasta geopolimérica baseada em metacaulim para a avaliação do índice de absorção de água por imersão (ABNT 2005). O precursor foi ativado utilizando silicato de sódio e hidróxido de sódio, variando-se o tipo e a concentração dos ativadores.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: metacaulim, hidróxido de sódio, silicato de sódio e água.

Como precursor do geopolímero foi utilizado o Metacaulim HP Ultra da empresa Metacaulim do Brasil, localizada no estado do Pará (PA). O mesmo foi utilizado como fonte de alumina e sílica. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstra a ficha técnica do metacaulim HP ultra, conforme dados do fabricante.

Tabela 1 – Ficha técnica do metacaulim (Fonte: Metacaulim do Brasil)

| Propriedades físico químicas | Valores típicos | Valores limites (NBR 15.894) |
|---|---|---|
| SiO2 | 57% | 44% a 65% |
| Al2O3 | 34% | 32% a 46% |
| CaO + MgO | < 0,1% | < 1,5% |
| SO3 | < 0,1% | < 1,0% |
| Na2O | < 0,1% | < 0,5% |
| Eq. Alcalino Na2O | < 1,5% | < 1,5% |
| Fe2O | 2% | - |
| TiO2 | 1,5% | - |
| Umidade | 0,5% | < 2% |
| Perda ao fogo | 3% | < 4% |
| Resíduo #325 | 6% | < 10% |
| Massa específica | 2,56Kg/dm³ | |

Como ativadores alcalinos, foram utilizados o Hidróxido de Sódio (NAOH 98%) em escamas, com 98% de pureza, proveniente da empresa Buschle & Lepper S.A, e o silicato de sódio (Na2SiO3), com uma concentração de 53% de H2O, 15% de Na2O e 32% de SiO2, com razão entre SiO2/Na2O de 2,14, fornecido por Nila Comércio de Produtos Ltda.

#### *2.1.1 Metacaulim*

O metacaulim é um material de aluminossilicato ativado termicamente, gerado pela calcinação de argilas cauliníticas (caulim) em temperaturas entre 650 °C a 800 °C, dependendo da pureza e cristalinidade das argilas precursoras (Li, Sun, and Li 2010).

O caulim consiste em um minério a base de aluminossilicato hidratado e se encontra próximo a superfície terrestre. Tem elevada importância em diversos setores da indústria. No Brasil, os principais consumidores são os setores de produção de papel e cerâmicas, sendo que o país representa 6,4% (2,2 Mt) da produção mundial. Para que a sua utilização nessas indústrias seja possível, o caulim deve ter uma pureza superior a 90% (caulinita) (Longhi 2015).

#### *2.1.2 Hidróxido de sódio*

O hidróxido de sódio é obtido da eletrólise da salmoura. Trata-se de um processo de mudança química provocada pela aplicação de energia elétrica. A diferença de potencial elétrico favorece a movimentação dos íons e são produzidos no ânodo cloro gasoso (Cl2(g)), e no cátodo o hidróxido de sódio (NaOH) e hidrogênio gasoso (H2(g)) (GILLESPIE, R. J.; HUMPHREYS, D. A.; BAIRD 1986). Ao final do processo produz-se 1 tonelada de cloro para 1,13 toneladas de soda (ABICLOR; GVCONSULT 2005). Geopolímeros ativados com NaOH tendem a formar estruturas zeolíticas, que apresentam uma resistência inferior ao gel N-A-S-H formado e para alguns casos um decréscimo de resistência ao longo do tempo, (PROVIS, J. L.; LUKEY, G. C.; VAN DEVENTER 2005).

#### *2.1.3 Silicato de sódio*

Este ativador é geralmente produzido a partir da calcinação de um carbonato com uma fonte de sílica em temperatura entre 1400 e 1500 ºC (Foletto et al. 2006). Os mais utilizados são os de sódio e potássio, sendo que o primeiro possui um processo de produção mais simplificado, além de ter o preço reduzido. Isso faz com que seja mais utilizado (Longhi 2015).

A natureza e a concentração dos ativadores influenciam diretamente na estrutura e nas propriedades mecânicas dos produtos originados na geopolimerização (Bezerra et al. 2013). (ZHANG 2012) e (ZHANG 2013), através de um estudo que comparou a álcali-ativação do metacaulim com hidróxido de sódio e silicato de sódio, concluíram que a relação

Na/Al no processo de geopolimerização representa maior influência no desenvolvimento das reações do que a temperatura e a relação Si/Al. Os mesmos autores observaram ainda que o uso do silicato de sódio retorna maiores benefícios, uma vez que o mesmo proporciona melhoras no processo de geopolimerização e ajuda a formar uma pasta mais compacta, conferindo a esses materiais melhores propriedades mecânicas.

### 2.2 Métodos

Para que o objetivo do trabalho fosse alcançado, foi necessário a produção da pasta geopolimérica com diferentes concentrações. Estas amostras foram analisadas variando-se a concentração dos Ativadores (Hidróxido de Sódio e Silicato de Sódio) e do precursor (Metacaulim), conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**. Foram produzidas quatro diferentes formulações de geopolímeros, com razões molares $SiO_2/Al_2O_3$ iguais a 3,1, 3,4, 3,2 e 3,6. Foram utilizados corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 4 cm e altura de 8 cm. Os ensaios laboratoriais foram realizados no laboratório da IMED do Departamento de Engenharia de Passo Fundo.

Para a análise com diferentes concentrações de ativador (NaOH e $SiO_2$), e precursor (metacaulim) em pastas geopoliméricas, foram moldados os seguintes traços, e identificados, conforme demostrado na**Erro! Fonte de referência não encontrada.**.

Tabela 2 - Método de dosagem

| Traço | Identificação | % Álcalis | Módulo Ms | Água/Sólidos | SiO2/Al2O3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | G1 – 15.05 | 15 | 0,5 | 0,45 | 3,1 |
| 2 | G2 – 15.10 | 15 | 1 | 0,45 | 3,4 |
| 3 | G3 – 20.05 | 20 | 0,5 | 0,45 | 3,2 |
| 4 | G4 – 20.10 | 20 | 1 | 0,45 | 3,6 |

Assim, a pasta geopolimérica foi moldada com a seguinte proporção entre materiais: para a amostra 1, 300g de metacaulim, 45g de NAOH, 66,9g de Silicato de Sódio e 1344g de água. A amostra 2 300g de metacaulim, 32,1g de NAOH, 133,5g de Silicato de Sódio e 107,4g de água. Para a amostra 3 foi utilizado 300g de metacaulim, 60,3g de NAOH, 89,1g de Silicato de Sódio e 134,1g de água e para a amostra 4, 300g de metacaulim, 42,9g de NAOH, 178,2g de Silicato de Sódio e 98,4g de água. Foram moldados corpos de prova cilíndricos (4cm de diâmetro e altura de 8cm). Para a obtenção do valor médio do índice de absorção foram feitos 3 corpos de prova de cada traço.

Como primeiro passo foi diluído o hidróxido de sódio em água. Após, à solução ficou em repouso por aproximadamente 30 minutos para a redução da temperatura. Em seguida, a solução NaOH+H2O foi adicionada ao silicato de sódio e metacaulim. Os materiais foram misturados em um misturador de argamassa elétrico da marca Solotest durante 5 minutos antes de serem moldados nos corpos de prova. Foram moldados 3 corpos de prova para cada traço, totalizando 12 corpos de prova.

Após confeccionado as amostras, foi realizado a determinação da absorção de água por imersão e índice de vazios, conforme as descrições da NBR 9778.

## 3. RESULTADOS

Para a análise dos resultados foi utilizado o auxílio da ferramenta Excel. Para cada traço foi feito a média aritmética dos três resultados de cada composição. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, representa os corpos de prova, com informações de peso após 24h, 48h e 72h em estufa, peso submerso, peso após a fervura a 100ºC e o peso submerso.

Tabela 3 - Pesagem dos corpos de prova

| | Corpos de prova | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1º pes (24h) (g) | 2º pes (48h) (g) | 3º pes (72h) (g) | **peso Submerso (g)** | **Peso sat 100º (g)** | peso hidro (g) |
| **CP** | **AMOSTRAS** | | | | | |
| 1.1 | 129,30 | 103,58 | 103,44 | 135,71 | 131,79 | 57,11 |
| 1.2 | 132,55 | 103,42 | 103,34 | 135,61 | 131,70 | 57,22 |
| 1.3 | 132,71 | 100,01 | 99,89 | 132,13 | 128,94 | 57,48 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.1 | 139,10 | 102,42 | 102,28 | 140,11 | 136,82 | 60,11 |
| 2.2 | 135,91 | 100,16 | 100,01 | 139,01 | 135,71 | 60,25 |
| 2.3 | 136,56 | 100,77 | 100,59 | 140,52 | 137,25 | 60,57 |
| 3.1 | 139,06 | 96,30 | 96,19 | 126,32 | 120,85 | 52,64 |
| 3.2 | 142,04 | 105,05 | 104,93 | 137,88 | 132,08 | 57,54 |
| 3.3 | 132,97 | 97,47 | 97,33 | 127,94 | 122,59 | 53,51 |
| 4.1 | 124,34 | 103,81 | 103,79 | 134,56 | 128,72 | 54,81 |
| 4.2 | 139,08 | 106,87 | 106,80 | 138,51 | 133,12 | 56,47 |
| 4.3 | 128,11 | 104,11 | 104,05 | 134,75 | 129,18 | 54,57 |

A Tabela 4**Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa os resultados para a absorção após imersão em água a temperatura de 23ºC, abosorção após imersão e fervura e índice de vazios após saturação e fervura.

Tabela 4 – Resultados

| **CP** | **Absorção após imersão em agua a temperatura de 23º** | **Absorção após imersão e fervura** | **Índice de vazios após saturação e fervura** |
|---|---|---|---|
| 1.1 | 31,20% | 27,41% | 37,96% |
| 1.2 | 31,23% | 27,44% | 38,08% |
| 1.3 | 32,28% | 29,08% | 40,65% |
| 2.1 | 36,99% | 33,77% | 45,03% |
| 2.2 | 39,00% | 35,69% | 47,31% |
| 2.3 | 39,70% | 36,44% | 47,81% |
| 3.1 | 31,32% | 25,63% | 36,15% |
| 3.2 | 31,40% | 25,87% | 36,42% |
| 3.3 | 31,45% | 25,96% | 36,57% |
| 4.1 | 29,65% | 24,02% | 33,73% |
| 4.2 | 29,69% | 24,64% | 34,34% |
| 4.3 | 29,51% | 24,15% | 33,68% |

### 3.1 Absorção e índice de vazios

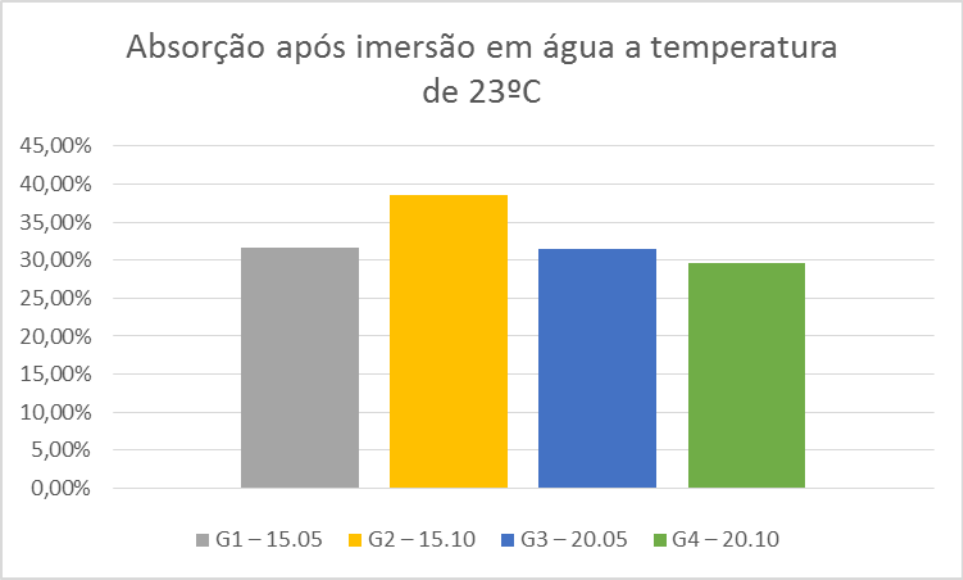



Figura 1 - Absorção após imersão em água a temperatura de 23ºC

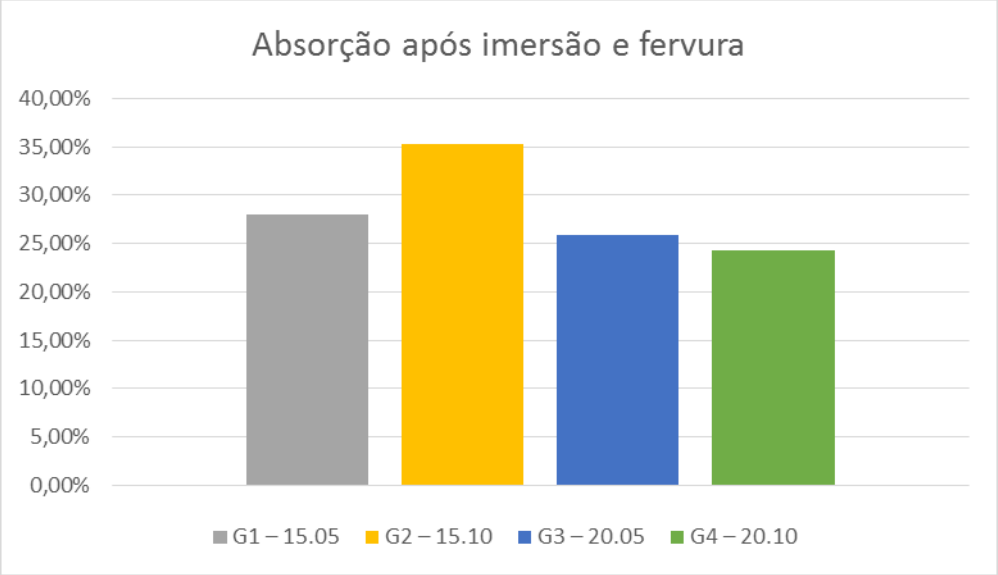



Figura 2 - Absorção após imersão e fervura

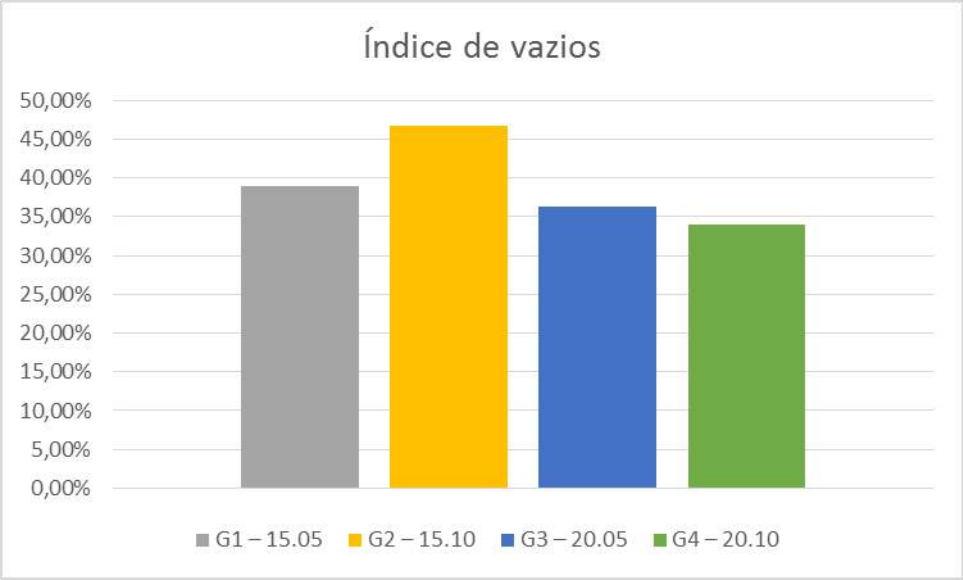



Figura 3 – Índice de vazios

Em geral, os geopolímeros apresentaram baixa absorção de água e baixo índice de vazios. (Olivia 2016), reportou valores próximos a 5%, o que não está de acordo com os resultados apresentados na

Figura 1, na

Figura 2 e na

Figura 3. Observou-se que os corpos de prova apresentaram elevada fissuração, o que está relacionado provavelmente com uma baixa geopolimerização como consequência de uma baixa reatividade do metacaulim (precursor). Em relação aos resultados dos ensaios, podemos observar que as amostras com 20% de álcalis apresentaram resultados melhores para todos os parâmetros, em particular a amostra G4 – 20.10. Isto está relacionado a maior quantidade de silicato solúvel (Ms=1) derivado do silicato de sódio. Tal fato ocorre justamente pela adição de silicato de sódio propiciar uma maior facilidade no processo de geopolimerização, além da formação de uma matriz mais compacta. Tais resultados já foram observados por diversos autores, entre eles (ZHANG 2013).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados coletados no decorrer desta pesquisa e dos ensaios laboratoriais, é possível concluir que a variação da quantidade de ativador alcalino tem influência na absorção e no índice de vazios de compostos geopoliméricos. O aumento de sílica solúvel na produção de geopolímeros aumenta a consistência das pastas geopoliméricas, o que reduz a absorção e o índice de vazios. Quando comparadas às matrizes produzidas com razão molar SiO2/Al2O3 igual a 3,6 apresentaram o melhor desempenho em todas as propriedades avaliadas. Por isso, recomenda-se que estudos futuros sejam focados em formulações com esta relação molar. Por fim, os resultados ficaram abaixo do esperado e observou-se que os corpos de prova apresentaram elevada fissuração, o que está relacionado provavelmente com a baixa reatividade do metacaulim (precursor).

## 5. REFERÊNCIAS

ABICLOR; GVCONSULT. 2005. “Balanço Social Indústria de Cloro-Soda.”

ABNT. 2005. “NBR 9778-Argamassa e Concreto Endurecidos - Determinação Da Absorção de Água, Índice de Vazios e Massa Específica.” *Abnt Nbr 9778*: 4p.

Bell, Jonathan L., Patrick E. Driemeyer, and Waltraud M. Kriven. 2009. “Formation of Ceramics from Metakaolin-Based Geopolymers. Part II: K-Based Geopolymer.” *Journal of the American Ceramic Society* 92(3): 607–15.

Bezerra, I. M. T. et al. 2013. “Influência Da Proporção Do Ativador Alcalino Nas Propriedades MecâNicas de Materiais Ativados Alcalinamente.” *Revista eletrônica de materiais e processos* 8.2: 101–5.

Davidovits, J. 1991. “Geopolymers.” *Journal of Thermal Analysis* 37(8): 1633–56.

Davidovits, Joseph. 1988. “Geopolymer Chemistry and Properties.” *1st European Conference on Soft Mineralurgy, Compiegne, France* 1: 25–48.

Duxson, Peter, John L. Provis, Grant C. Lukey, and Jannie S J van Deventer. 2007. “The Role of Inorganic Polymer Technology in the Development of ‘Green Concrete.’” *Cement and Concrete Research* 37(12): 1590–97.

Foletto, Edson Luiz, Ederson Gratieri, Leonardo Hadlich De Oliveira, and Sérgio Luiz Jahn. 2006. “Conversion of Rice Hull Ash into Soluble Sodium Silicate.” *Materials Research* 9(3): 335–38.

GILLESPIE, R. J.; HUMPHREYS, D. A.; BAIRD, N. C. 1986. "Chemistry." *Allyn and Bacon*.

Ikeda, K, Kyoichi Onikura, Y Nakamura, and Swaroop Vedanand. 2001. "Optical Spectra of Nickel-Bearing Silicate Gels Prepared by the Geopolymer Technique, with Special Reference to the Low-Temperature Formation of Liebenbergite (Ni2SiO4)." *Journal of the American Ceramic Society* 84(8): 1717–20.

Li, Chao, Henghu Sun, and Longtu Li. 2010. "A Review: The Comparison between Alkali-Activated Slag (Si + Ca) and Metakaolin (Si + Al) Cements." *Cement and Concrete Research* 40(9): 1341–49. http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2010.03.020.

Longhi, Márlon Augusto. 2015. "Álcali-Ativação De Lodo De Caulim Calcinado E Cinza Pesada Com Ativadores Convencionais E Silicato De Sódio Alternativo." : 145.

Olivia, Monita. 2016. "Water Penetrability of Low Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete." *ReseachGate* (January): 517–30.

PROVIS, J. L.; LUKEY, G. C.; VAN DEVENTER, J. S. J. 2005. "Do Geopolymers Actually Contain Nanocrystalline Zeolites? A Reexamination of Existing Results." : 3075–3308.

Provis, John L. 2014. "Geopolymers and Other Alkali Activated Materials: Why, How, and What?" *Materials and Structures* 47: 11–25.

Provis, John L, and Susan A Bernal. 2014a. "Geopolymers and Related Alkali-Activated Materials." *Annu. Rev. Mater. Res* 44(January): 299–327.

———. 2014b. "Geopolymers and Related Alkali-Activated Materials." *Annu. Rev. Mater. Res* 44: 299–327.

Scrivener, Karen L., and R. James Kirkpatrick. 2008. "Innovation in Use and Research on Cementitious Material." *Cement and Concrete Research* 38(2): 128–36.

ZHANG, Z. et al. 2012. "Quantitative Kinetic and Structural Analysis of Geopolymers. Part 1. The Activation of Metakaolin with Sodium Hydroxide." : 23–33.

———. 2013. "Quantitative Kinetic and Structural Analysis of Geopolymers. Part 2. Thermodynamics of Sodium Silicate Activation of Metakaolin." : 163–171.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SÍNTESE DE MATERIAIS DO TIPO MCM-41 VIA SOLDAGEM SUPRAMOLECULAR COM ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE POROS UTILIZANDO SEMENTES DE ZEÓLITAS ZSM-35 E ZSM-5

**Iemedelais Bordin**
**Victor De Aguiar Pedott**
**Elton Luis Hillesheim**
**Marcelo Luís Mignoni**
Universidade Regional Integrada – URI Campus Erechim
bordiniemedelais@hotmail.com
v.a.pedott@gmail.com
hillesheim796@gmail.com
mignoni@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O trabalho tem como objetivo a sintetização do material mesoporoso do tipo MCM-41 com a adição de diferentes sementes de zeólitas via soldagem supramolecular com estrutura hierárquica de poros. Na síntese dos materiais, foi seguido o modelo descrito na literatura, fazendo uso de água deionizada, hidróxido de amônio, etanol e em substituição dos tradicionais templates foi utilizado o liquido iônico [$C_{16}$MI]Cl. Após a homogeneização dos reagentes, foi adicionado sementes de diferentes zeólita, do tipo ZSM-35 e ZSM-5, juntamente com tetraetil ortosilicato (TEOS). Após a lavagem e secagem dos sólidos, os mesmo foram analisados por difração de raios X (DRX) e os resultados obtidos comprovam a formação de uma nova estrutura do tipo MCM-41/ZSM-5 e MCM-41/ZSM-35. Sendo assim, o método de soldagem supramolecular apresentou-se efetivo na obtenção de materiais com estrutura hierárquica de poros. Pode-se observar que com o aumento da quantidade de semente na síntese, a cristalinidade de fases do material também aumenta.*

***Palavras-chave:*** *Soldagem supramolecular, estrutura hierárquica de poros, MCM-41, ZSM-35 E ZSM-5.*

## 1. INTRODUÇÃO

Materiais cristalinos microporosos, como as zeólitas, têm ganhado grande espaço no final do século XX e início do século XXI, devido suas propriedades físicas e químicas que, visando uma aplicação específica, podem ser controladas durante a sua preparação. Devido às dimensões de canais, cavidades e poros, possuem diferentes tipos de seletividade e forma. Destacam-se pela grande importância no processo de catálise, sendo muito utilizadas em indústrias petrolíferas no refino de petróleo (Grecco, 2013a).

A utilização desse tipo de material na área da catálise está diretamente relacionada às suas propriedades físicas e químicas e ao seu sistema de poros, o qual possui uma alta acidez e basicidade superficial, além da capacidade de troca iônica. As zeólitas possuem altas áreas superficiais e capacidade de adsorção que variam num amplo espectro desde altamente hidrofóbicas à altamente hidrofílicas, uma estrutura que permite a criação de sítios ativos, tais como sítios ácidos, cuja força e concentração podem ser controladas de acordo com a aplicação desejada, tamanho de canais e cavidades compatíveis com a maioria das moléculas das matérias-primas usadas na indústria e uma complexa rede de canais que lhes confere diferentes tipos de seletividade de formas, reagente, produto (Csicsery et al., 1976).

Zeólitas com estrutura hierarquizadas de poros, são estruturas onde existem dois ou mais tipos de diâmetros de poros, adicionando aos microporos das zeólitas uma porosidade secundaria, que ajuda na difusão de moléculas maiores, já que nos microporos originais da zeólita a difusão destas moléculas é um processo lento (Silva, 2017).

O tamanho dos poros nas zeólitas está relacionado com a velocidade de difusão. Em poros pequenos, moléculas volumosas têm dificuldades para migrar ao interior do sólido onde está localizada a maior parte dos sítios ativos das zeólitas, comprometendo assim a sua capacidade catalítica e capacidade de adsorção. Novos materiais vêm sendo desenvolvidos com estruturas hierárquicas de poros a fim de melhorar as propriedades difusivas dos materiais zeolitícos, que combinam as propriedades das zeólitas com a facilidade de difusão gerada pelos mesoporos (Grecco, 2013b).

Existem diferentes métodos para a formação de estruturas com sistemas hierárquicos de poros, uma delas é a moldagem supramolecular, primeiramente desenvolvida por Kloetstra e colaboradores (1996), onde prepararam o

material MCM-41/FAU com distribuição de poros bimodal. A literatura fornece diferentes meios para a obtenção de zeólitas hierarquizadas, um desses métodos é a utilização de sementes de zeólitas já sintetizadas para a nucleação de um material mesoporoso em sua superfície, este método foi primeiramente descrito por Pinnavaia e colaboradores (2000), onde utilizaram sementes da zéolita Y para a formação do material MCM-41 em seus domínios.

Três tipos de peneiras moleculares mesoporosas são obtidas através de diferentes rotas de formação. O tipo M41s de silicatos ou aluminossilicatos mesoporosos, onde existem as fases hexagonal (MCM-41), cúbica (MCM-48) e lamelar (MCM-50) (Vartuli et al., 1998), a preparação desses sólidos necessita de um molde (template), faz-se o uso de sulfactantes iônicos e um mecanismo de organização iônica. A MCM-41 tem sido bastante estudada devido a área superficial específica superior a 1000 $m^2$ $g^{-1}$ e diâmetro de mesoporos na faixa de 1,5 a 10 nm (Meynen, 2009) que podem ser controlados através da escolha do molde (template).

A zeólitas ZSM-5 foi sintetizada pela primeira vez em 1972 por Argauer e Landolt, é uma estrutura ortorrômbica composta de oito anéis de cinco membros conhecidos como unidades pentasil onde os vértices são átomos de Al ou Si, estes agrupamentos formam dois sistemas de canais, retos e sinusoidais, interligados, tais sistemas geram sítios ativos ácidos, desta forma é muito utilizada em processos de craqueamento catalítico fluido, hidrocraqueamento, isomerização, alquilação e reforma (Ismail et al., 2006; Novak, 2018).

Da família Ferrierita (FER) advém a zeólita ZSM-35 que contém uma simetria ortorrômbica de sistemas de poros bidimensionais, tendo razão $SiO_2/Al_2O_3$ que varia de 12 a 60 (Pergher et al., 2014). Devido a sua porosidade zeólitas do tipo ZSM-35 são largamente usadas em aplicações de baterias e em isomerização esquelética (Byggningsbacka et al, 1998; Yuan et al, 2016).

Tendo em vista a grande aplicabilidade das zéolitas mencionadas, este trabalho tem como objetivo a síntese de um material com estrutura hierárquica de poros, através da adição de sementes das zéolitas ZSM-5 e ZSM-35 na formação do material hierárquico do tipo MCM-41/ZSM-5 e MCM-41/ZSM-35.

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

As zeólitas utilizadas como sementes no processo de síntese dos materiais hierárquicos via moldagem supramolecular foram previamente sintetizadas pelo grupo de pesquisa de acordo com a literatura (Mignoni, 2012). Para a síntese dos materiais hierárquicos o procedimento seguiu o descrito por (Kumar, 2001), com modificações. A síntese seguiu da seguinte maneira: i) em um béquer de teflon foram adicionados 2,4 g de liquido iônico $[C_{16}MI]Cl$ juntamente com 60 ml de água deionizada, deixado em agitação até a diluição do liquido iônico, após esta etapa foram adicionados 60 ml de etanol e 8 ml de hidróxido de amônio ($NH_4OH$) e deixado em agitação por 10 minutos para a homogeneização da solução. ii) Após a homogeneização foram adicionados 10 ml de tetraetil ortosilicato (TEOS) juntamente com as sementes da zeólitas (ZSM-5 ou ZSM-35). A solução foi deixada em agitação por 24h para a formação da estrutura hierárquica, iii) após este período a solução foi filtrada a vácuo e lavada com água deionizada até atingir pH < 9.

As sementes foram colocadas em diferentes razões (m/m): 0,2 %, 0,5 % e 0,8 %, todas em relação a massa total da solução de síntese, para que desta maneira fosse possível avaliar se a quantidade de semente influencia na melhor formação do material.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise de difração de raios X

Para a verificação da formação da estrutura dos materiais sintetizados, foram feitas análises de difração de raios X (Rigaku X-ray diffractometer) nos materiais com diferentes quantidades de sementes das zeólitas ZSM-5 e/ou ZSM-35. Para verificar se a síntese foi realizada com exito, é necessário observar nos difratogramas de raios X picos cristalinos característicos de cada zeólita e do material mesoporoso, juntamente com uma parte amorfa pertencente ao material do tipo MCM-41, pois acredita-se que o material mesoporoso do tipo MCM-41 comece sua nucleação na superfície das sementes das zeólitas, para desta forma termos um material composto de tamanhos de poros diferentes, e hierárquicos via soldagem supramolecular. Os resultados destas análises podem ser visualizados nas Figuras 1 e 2.

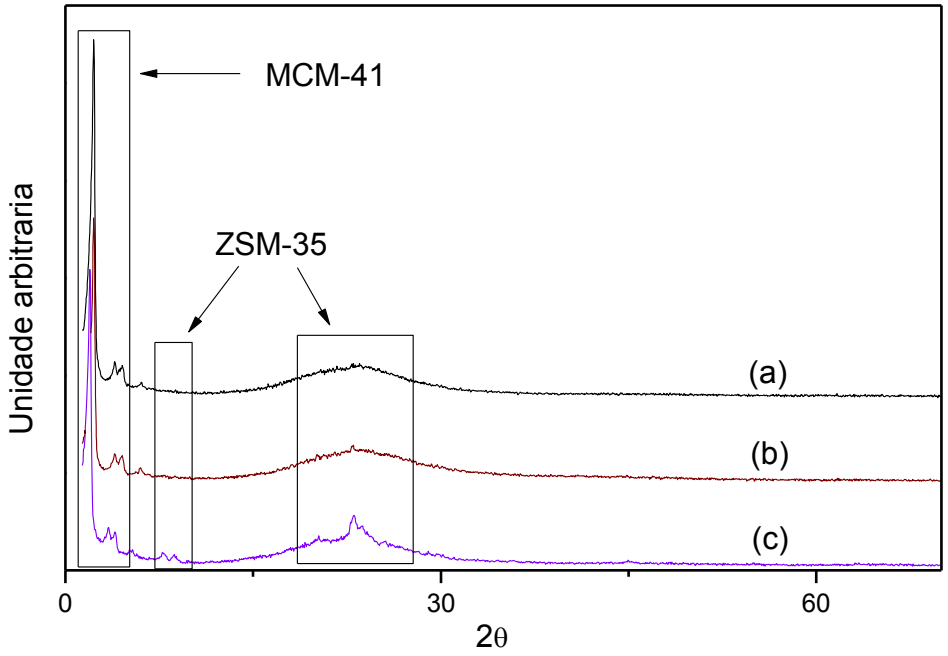



Figura 1. Analise de difração de raios X do material MCM-41/ZSM-35 com diferentes quantidades de zeólitas onde: (a) 0,2% de ZSM-35, (b) 0,5% de ZSM-5 e (c) 0,8% de ZSM-35

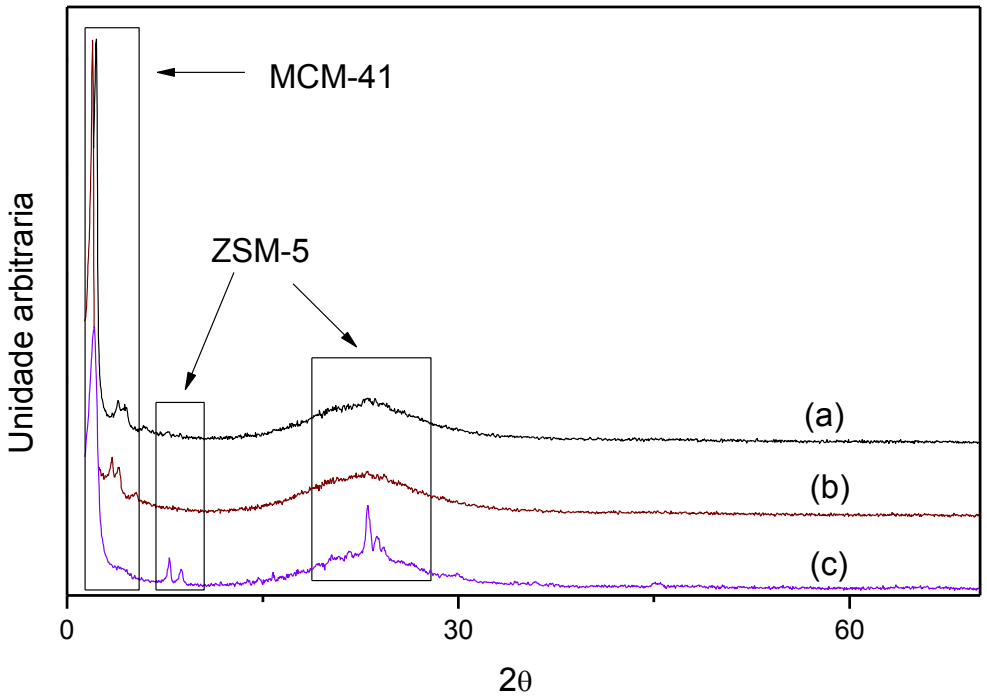



Figura 2. Analise de difração de raios X do material MCM-41/ZSM-5 com diferentes quantidades de zeólitas onde: (a) 0,2% de ZSM-5, (b) 0,5% de ZSM-5 e (c) 0,8% de ZSM-5

Analisando as Figuras 1 e 2 podemos observar que a quantidade de semente utilizada na síntese tem papel importante para a obtenção do sólido com estrutura hierárquica de poros. Observa-se que o aumento na quantidade de sementes no sistema influência na melhor composição do material, definindo a estrutura hierárquica de poros, onde obteve-se a obtenção dos materiais hierárquicos quando utilizado 0,8 % de semente, e que abaixo deste valor não foi

possível verificar a formação do mesmo, e somente da esturutra mesoporosa do tipo MCM-41. Como podemos observar nos resultados obtidos, verifica-se que os mesmos foram satisfatórios para a obtenção do material com estrutura hierárquica de poros, pois nos difratogramas é observado a formação tanto da estrutura da zeólita (ZSM-35 ou ZSM-5) quanto a estrutura do material mesoporoso do tipo MCM-41.

## 4. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos através das análises de difração de raios X, pode-se observar a formação de materiais com sistemas de poros hierárquicos na nucleação do material mesoporoso, comprovando-se a presença de picos característicos das zeólitas ZSM-5 ou ZSM-35, assim como os picos característicos do material mesoporoso do tipo MCM-41, comprovando o sucesso das sínteses realizadas. A adição de sementes de zeólitas ZSM-35 e ZSM-5 teve um resultado positivo, e pode-se observar também que aumentando a quantidade de semente da zeólita, é perceptível a mudança na formação dos sólidos com mais cristalinidade de fases. Cabe ressaltar que ao nosso conhecimento, até o momento não faz-se o conhecimento em literatura do material hierárquico MCM-41/ZSM-35. Sendo assim, caracteriza-se este por ser um trabalho inovador na área de materiais.

## 5. AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPERGS, CNPq e a URI-Erechim.

## 6. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Byggningsbacka, R., Kumar, N., & Lindfors, L. E., 1998. “Comparative study of the catalytic properties of ZSM-22 and ZSM-35/ferrierite zeolites in the skeletal isomerization of 1-butene.” *Journal of Catalysis*, 178(2), 611-620.

Csicsery, S.M. “Zeolite Chemistry and Catalysis.” J A. Rabo, ed., Am. Chem. Soc. Monogr. 171, 680. 1976.

Fujita, Shin-Ichiro et al. 2016. One-Pot Room-Temperature Synthesis of Mg Containing MCM-41 Mesoporous Silica for Aldol Reactions. *Journal of Materials Science & Technology*,.

Grecco, S. T. F., Nobre, P. S. S., Urquieta-González, E. A., Rangel, M. C., 2008. “Em Nanoporous Materials: Proceedings of the 5th International Symposium.” Sayari, A.; Jaroniec, M., eds., *World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.: New Jersey*, p 599;

Grecco, S.D.T.F., Rangel, M.D.C., Urquieta-González, E.A., 2013. “Zeólitas hierarquicamente estruturadas.” *Quim. Nova*, 36(1), pp.131-142.

Ismail, A. A., Mohamed, R. M., Fouad, O. A., & Ibrahim, I. A. 2006. “Synthesis of nanosized ZSM-5 using different alumina sources.” *Crystal Research and Technology: Journal of Experimental and Industrial Crystallography*, 41(2), 145-149.

Kloetstra, K. R., Zandbergen, H. W., Jansen, J. C., & Van Bekkum, H., 1996. “Overgrowth of mesoporous MCM-41 on faujasite.” *Microporous materials*, 6(5-6), 287-293.

Kumar, D. et al. 2001. MCM-41, MCM-48 and related mesoporous adsorbents: their synthesis and characterisation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 187, p. 109-116,.

Meynen, V.; Cool, P.; Vansant, E. F.; 2009 *Microporous Mesoporous Mater*., 125, 170

Mignoni, Marcelo L.; Zeólitas obtidas com líquidos iônicos como direcionadores de estrutura: síntese e reatividade. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2012).

Novak, S., 2018. “Síntese de materiais Micro/Mesoporosos hierárquicos com estrutura MFI.” *Tese de mestrado Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista*.

Pergher, S. B., Miotto, N., Bresolin, D., Vaclavik, F. D., Oliveira, C. R., & Baibich, I. M., 2014. “Síntese da zeólita ZSM-35 e avaliação catalítica na decomposição do NO.” *Rev Perspect*, 38(143), 71-79.

Pinnavaia, T. J., Zhang, W., & Liu, Y., 2000. “Steam-stable aluminosilicate mesostructures assembled from zeolite type Y seeds.” *Journal of the American Chemical Society*, *122*(36), 8791-8792.

Silva, B. J. B. D., 2017. “Obtenção de materiais com estrutura hierárquica de poros através da dessilicação da Zeólita Zsm-22.” *Programa de pós graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Alagoas.*

Vartuli, J. C. et al. The synthesis and properties of M41S and related mesoporous materials. In: *Synthesis.* Springer, Berlin, Heidelberg, 1998. p. 97-119.

Yuan, Z., Zhu, X., Li, M., Lu, W., Li, X., & Zhang, H., 2016. “A highly ion-selective zeolite flake layer on porous membranes for flow battery applications.” *Angewandte Chemie*, 128(9), 3110-3114.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso, incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DA SÍNTESE SEM SOLVENTE DE ZEÓLITAS UTILIZANDO DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO AGENTES DIRECIONADORES DE ESTRUTURA

**Iemedelais Bordin**
**Victor de Aguiar Pedott**
**Elton Luis Hillesheim**
**Marcelo Luís Mignoni**
Universidade Regional Integrada – URI – Campus Erechim
bordiniemedelais@hotmail.com
v.a.pedott@gmail.com
hillesheim796@gmail.com
mignoni@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O objetivo do trabalho foi a síntese, sem a presença de solvente, de matrizes zeolíticas utilizando diferentes líquidos iônicos como agente direcionadores de estruturas, com diferentes relações Si/Al. Zeólitas possuem propriedades adsorventes para purificação de gases e se mostraram úteis como catalisadores no refino de petróleo. A utilização desse material na área da catálise está diretamente relacionada às suas propriedades químicas e físicas e ao seu sistema de poros que lhes proporciona diferentes tipos de seletividade. Outra finalidade é a encapsulação de metais de transição, ou compostos organometálicos nas cavidades da zeólita. A vantagem desse método é a fácil separação da mistura reacional e então a questão ambiental é favorecida devido à reutilização do hóspede retido nos poros da matriz zeolítica. Nas sínteses, são observados a influência do líquido iônico, a relação Si/Al e o tempo de retirada do material das autoclaves, onde a massa é dividida em 6 alíquotas, todas elas submetidas a 120°C em estufa, 3 em modo estático e 3 sob agitação, a retirada é feita em 24 h, 72 h e 144 h, logo após a lavagem e secagem, o material é analisado por difração de raios X, sendo possível observar que a quantidade de alumínio influi diretamente no resultado final. Ao diminuir a quantidade (em massa) da fonte de alumínio, propicia a formação de Quartzo, apresentando picos característicos do mesmo e não acontecendo uma reação esperada para a formação de estruturas hierárquicas.*

***Palavras-chave:*** *Líquido iônico, zeólita, síntese seca.*

## 1. INTRODUÇÃO

Peneiras moleculares são estruturas que apresentam porosidade, onde o diâmetro é medido em Ångströms (Å) ou nanômetros (nm). Entre as peneiras moleculares, destacam-se as zeólitas, muito utilizadas também em catálise. Segundo a definição, zeólitas são aluminossilicatos cristalinos de elementos alcalinos, classificados como materiais microporosos (Grecco, 2013). Elas possuem a finalidade de adsorventes para purificação de gases e são muito utilizadas como trocadores iônicos em detergentes. Também se mostraram extremamente úteis como catalisadores no refino de petróleo, na petroquímica, e na síntese de produtos orgânicos cujas moléculas possuem diâmetro cinético inferior a 10 Å (Sheldon, 1994). A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) classifica as zeólitas utilizando um código de três letras baseadas na estrutura, independente da composição química. Os microporos das zeólitas são classificados de acordo com o tamanho: poros pequenos (< 4 Å), médios (4 - 6 Å), grandes (6 - 8 Å) ou supergrandes (> 8 Å). Peneiras moleculares com poros maiores que 20 Å, com paredes amorfas, são classificadas como mesoporosas (Meier, 1992).

A utilização desse tipo de material na área da catálise está diretamente relacionada às suas propriedades físicas e químicas e ao seu sistema de poros, os quais possuem uma alta acidez e basicidade superficial, além da capacidade de troca iônica. A porosidade das zeólitas hierárquicas permite atingir alta dispersão e forte interação entre a zeólita e o meio, além de criar um espaço ideal para a deposição de fases catalíticas ativas (Feliczak-Guzik, 2017). As zeólitas possuem altas áreas superficiais e capacidade de adsorção que variam num amplo espectro desde altamente hidrofóbicas à altamente hidrofílicas, além de terem aplicações em reações de importância comercial. Esse potencial vem da

possibilidade de ajuste de suas propriedades catalíticas, seletividades e estabilidade através do controle da sua composição química por tratamentos químicos (Martins, 2006).

Atualmente, a principal rota de síntese de materiais zeolíticos é pelo método hidrotérmico, onde consiste em promover reações de precipitação acima da temperatura e pressão ambiente. Porém a rota envolve possíveis incompatibilidades entre água e organossilanos. O método de síntese livre de solventes pode impedir reações colaterais entre os organossilanos, devido a ausência de água, o solvente mais usado nas sínteses. Zeólitas hidrofóbicas mostraram maior estabilidade na água e interação seletiva com o substrato.

A primeira síntese de zeólita sem solvente bem sucedida foi relatada por Ren at al., em 2012, onde foi obtido a zeólita do tipo ZSM-5. No procedimento foi macerado $NaSiO_3$, $9H_2O$ ($SiO_2$, 20% do peso), sílica pirogênica Aerosil®, brometo de tetrapropilamônio e $NH_4Cl$. A massa foi misturada por 20 minutos e após, levada a estufa a 180 °C para a cristalização do sólido. A ZSM-5 resultou em um tamanho de partícula maior do que o produto obtido pelo método hidrotérmico (Ren, at al., 2012).

O método de encapsulação do tipo barco-na-garrafa é realizado por meio da encapsulação de metais de transição ou compostos organometálicos nas cavidades da zeólita. Ele tem sido feito preferencialmente com a zeólita Y devido à sua supercavidade de 13 Å formadas por anéis de 12 membros cujo diâmetro é 7,4 Å, porém, para muitos percursores catalíticos empregados em reações homogêneas, o espaço ainda assim é pequeno e a busca por materiais hierarquicamente estruturados que apresentam tamanhos de poros diferentes continua constante.

Para a síntese das zeólitas, foram utilizados diferentes líquidos iônicos, os quais atuaram como direcionadores de estrutura, não sendo usados solventes na síntese. Na literatura, podem ser encontrados diversos trabalhos com o uso de solventes, sendo água o mais usado. Mignoni, (Mignoni, 2012a) descreve uma síntese utilizando fontes de Silício e de Alumínio, Hidróxido de Sódio e água para formação de zeólitas, onde foram obtidas diversas fases zeolíticas, como ZSM-5, ZSM-35, beta e a fase A. Barrer usou macromoléculas orgânicas como TPA e TBA (tetrapropilamônio e tetrabutilamônio) como direcionadores de estrutura (Brígida, at al., 2008). A síntese é realizada em autoclaves com aquecimento e a cristalização da fase zeolítica leva de uma a duas semanas. Uma vez conseguida a cristalização, eliminam-se as moléculas orgânicas através da calcinação.

Na literatura, pode-se encontrar um recente estudo sobre a síntese de zeólitas híbridas usando um método livre de solvente na presença de diferentes organossilanos, nos quais as zeólitas híbridas foram produzidas por moagem, homogeneização e aquecimento dos reagentes, incluindo diferentes organossilanos e tendo um resultado satisfatório com boa cristalinidade e hidrofobicidade (Petkowicz, 2017).

Cooper descreve a síntese de materiais análogos a zeólita, empregando brometo de etilmetilimidazol (líquido nas condições de síntese dos materiais), onde o líquido iônico atua como solvente e molde (Barbosa, 2014), sendo dispensável o uso de solventes como a água, por exemplo. Os autores sintetizaram quatro aluminofosfatos análogos a zeólitas. Os diferentes materiais foram obtidos variando as condições de síntese. Recentemente, Xing (Bassegoda, 2012) demonstrou que metilimidazol (MI) adicionado a $C_2MIBr$ apresenta um efeito de codirecionador de estrutura, sendo que tanto o MI como o $C_2MIBr$ estão direcionando o crescimento do mesmo sólido. A característica intrigante desse sólido é que o material é constituído de duas camadas distintas. Até 2009 havia somente uma publicação referente à síntese de materiais de sílica pura utilizando LIs. O material obtido é a zeólita Sodalita (Bon, at al., 2008).

O objetivo do projeto é a formação de zeólitas sem uso de solventes, fazendo com que aconteça dessa forma uma "síntese verde". Ao invés de tratar o efluente pode-se evitar o mesmo, ou ao menos diminuir a quantidade produzida contribuindo assim com o meio ambiente. O solvente é substituído pelo líquido iônico em sínteses a seco, pois ele é capaz de moldar a construção da estrutura, aumentar os limites de espaço dos microporos, contribuir através da ligação que são criadas, para a estabilidade do material e tornar sua cristalização termodinamicamente possível. O projeto tem potencial para aplicação na indústria petroquímica.

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

### 2.1 Sínteses dos líquidos iônicos

Foram sintetizados dois líquidos iônicos, seguindo rotas clássicas de literatura (MIGNONI, 2012c)

#### 2.1.1 Cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio, $[C_4MI]Cl$

Para a síntese do Cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio foram utilizados 135 mL de 1-metilimidazol (139 g; 1,69 mol) e 260 mL de 1-clorobutano (228,8 g; 2,47 mol) dissolvidos em 100 mL de Acetonitrila. A representação da síntese pode ser visualizada na Fig. 1.

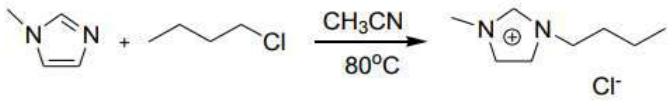



Figura 1. Representação da síntese do Cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio.

### 2.1.2 Cloreto de 1-octil-3-metilimidazólio [$C_8$MI]Cl

O Cloreto de 1-octil-3-metilimidazólio foi sintetizado utilizando 8,5 mL de 1-metilimidazol (8,76 g; 100 mmol) e 16,9 mL de 1-cloro-octano (14,87 g; 100 mmol). A Fig. 2 representa a síntese deste líquido iônico.

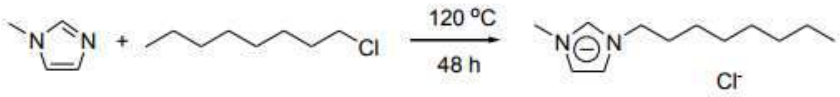



Figura 2. Representação da síntese do líquido iônico Cloreto de 1-octil-3-metilimidazólio.

Os líquidos iônicos sintetizados ficaram sob agitação magnética com aquecimento a 120°C por 48 h, sob refluxo em um balão de 500 mL. Após o término da reação, o balão foi resfriado até a temperatura ambiente. A precipitação de cada líquido iônico ocorreu adicionando lentamente 100 mL de acetato de etila, após feito isso, o balão foi levado ao freezer por 24 h para ocorrer a total precipitação do sólido/líquido iônico. Ao final do processo, o sólido iônico foi seco sob pressão reduzida até massa constante ou realizou-se a extração, com auxílio de uma pera de sucção, com acetato de etila e o líquido viscoso obtido foi seco sob pressão reduzida.

## 2.2 Sínteses das zeólitas via rota clássica da literatura

### 2.2.1 Síntese da zeólita com o Líquido Iônico [$C_4$MI]Cl, com diferentes relações Si/Al

Para a síntese de Si/Al = 1, foi pesado: 16,4 g de $NaAlO_2$ (200,073 mmol) e 12 g de $SiO_2$ (200,0 mmol). Na relação Si/Al = 8: 2,05 g de $NaAlO_2$ (25,0 mmol) e 12 g de $SiO_2$ (200,0 mmol) e para a relação Si/Al = 100: 0,2323 g de $NaAlO_2$ (2,834 mmol) e 17 g de $SiO_2$ (282,95 mmol).

As sínteses dos materiais zeolíticos com diferentes relações foram realizadas da seguinte maneira: i) inicialmente, com a utilização de grau e pistilo foi macerada a fonte de Alumínio, 4 g de NaOH e, após, a fonte de Silício por 15 minutos; ii) posteriormente foram acrescentados 5,23 g de líquido iônico [$C_4$MI]Cl na mistura; iii) a mistura ficou sob maceração por mais 20 minutos até se obter uma formação homogênea e sólida. A massa sólida foi então dividida em autoclaves numeradas de 1 a 6, sendo que na relação Si/Al = 1 se obteve uma quantidade de massa de 6,27 g por autoclave, a relação Si/Al = 8 3,88 g e a relação Si/Al = 100 4,53 g, que foram seladas e todas aquecidas a 120ºC em uma estufa. As autoclaves foram divididas para coleta de alíquotas em 24 horas, 72 horas e 144 horas, sendo que três delas foram submetidas em um sistema de agitação, onde os reatores giram verticalmente (100 rpm) e as outras três, ficaram em modo estático na estufa. Após a coleta dos sólidos obtidos, os mesmos foram lavados com água deionizada até pH 9 e secos em estufa a 90ºC por 12 h. As quantidades de NaOH e do Líquido iônico utilizadas não foram alteradas para as diversas relações.

As alíquotas 1, 2 e 3 ficaram em modo estático e 4, 5 e 6 sob agitação em todas as sínteses realizadas, sendo que, na relação Si/Al = 1 em 24 h foram retiradas da estufa as alíquotas 1 e 5, em 72 h 2 e 6 e em 144 h 3 e 4. Na relação Si/Al = 8, as alíquotas 3 e 6 foram retiradas da estufa em 24 h, 2 e 4 em 72 h e 1 e 5 em 144 h. Para a relação Si/Al = 100, as alíquotas 2 e 4 foram retiradas em 24 h, 3 e 6 em 72 h e 1 e 5 em 144 h.

### 2.2.2 Síntese da zeólita com o Líquido Iônico [$C_8$MI]Cl, com diferentes relações Si/Al

As sínteses foram feitas variando a relação Silício/Alumínio. Primeiramente foi realizada a síntese com a relação Si/Al = 1, utilizando 8,5 g de $NaAlO_2$ (103,696 mmol), como fonte de Alumínio e 6,20 g de $SiO_2$ (103,362 mmol) como fonte de Silício, sendo que as alíquotas 1 e 5 foram retiradas em 24 h, 2 e 4 em 72 h e finalmente, 3 e 6 em 144 h. E para a síntese Si/Al = 100 foram utilizados 0,2323 g de $NaAlO_2$ (2,834 mmol) e 17 g de $SiO_2$ (282,956 mmol). As alíquotas 3 e 4 foram retiradas em 24 h, 1 e 6 em 72 h e 2 e 5 em 144 h.

A rota de síntese é igual a descrita anteriormente, porém com diferentes quantidades, em gramas, da fonte de Alumínio e de Silício. Também foi alterado o Líquido iônico utilizado, que passou a ser o [$C_8$MI]Cl. A massa sólida foi então dividida em autoclaves numeradas de 1 a 6, sendo que na relação Si/Al = 1 se obteve uma quantidade de massa de 4 g por autoclave e Si/Al = 100 4,53 g por autoclave. O tempo de retirada das amostras foi mantido em 24, 72 e 144 h.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise de difração de raios X

Os sólidos obtidos foram análisados por DRX (Rigaku X-ray diffractometer) e os resultados obtidos foram comparados com a literatura. Para a relação Si/Al = 1 usando líquido iônico [$C_4$MI]Cl os resultados estão representados na Fig. 3(A) onde é as amostras estavam em modo estático. A Fig. 3(B) apresenta as amostras em agitação. Podem-se observar picos característicos da zeólita Sodalita, juntamente com Quartzo. A Fig. 4 é referente a amostra utilizando o líquido iônico [$C_4$MI]Cl, sendo (a) a relação Si/Al = 8 e (b) Si/Al = 100. Está sendo apresentado apenas duas amostras em tempo de retirada: 144 h, pois todas as amostras retiradas das diferentes autoclaves apresentaram picos característicos de Quartzo. E na Fig. 5 os difratogramas de raios X da relação Si/Al = 1 com o líquido iônico [$C_8$MI]Cl.

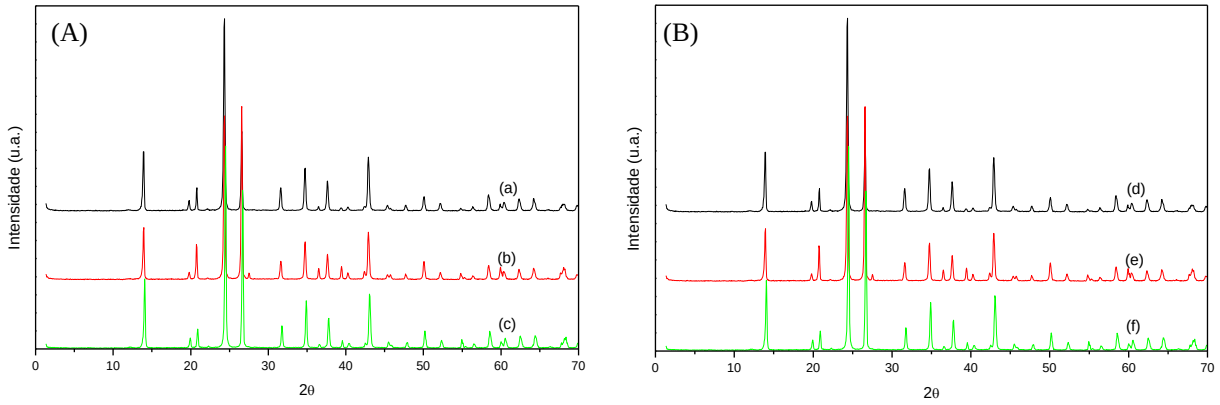



Figura 3(A). Difratogramas de raio X com diferentes tempos de síntese em modo estático: (a) 24 h (b) 72 h (c) 144 h. Figura 3(B). Alíquotas sob agitação, sendo retiradas (d) 144 h (e) 24 h e (f) 72 h.

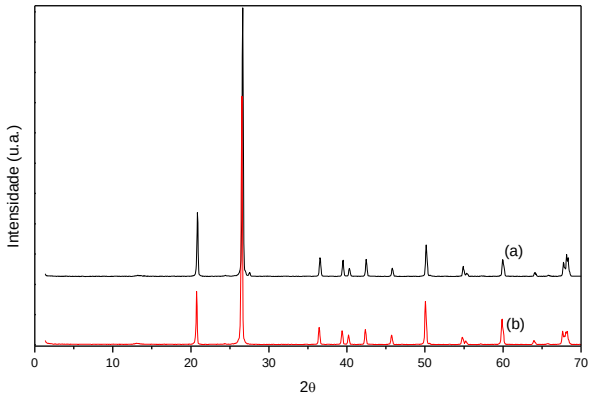



Figura 4. Difratogramas de raios X referentes a relação em (a) Si/Al = 8 e (b) Si/Al = 100 utilizando o LI [$C_4$MI]Cl.

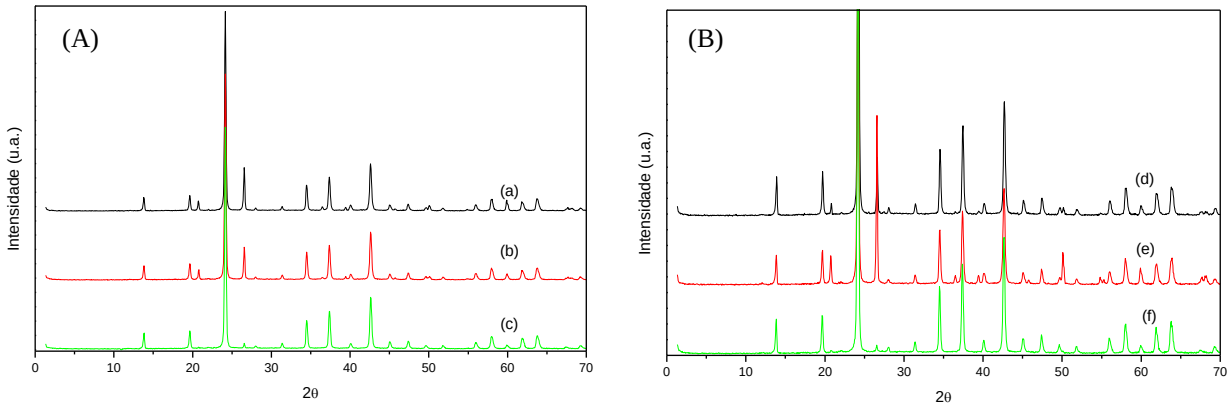



Figura 5(A). Difratogramas de raios X referentes à relação Si/Al = 1 utilizando o LI [$C_8$MI]Cl (a) 24 h, (b) 72 h, (c) 144 h em modo estático. 5(B) (d) 72 h, (e) 24 h, (f) 144 h, alíquotas submetidas a agitação.

A síntese com a relação Si/Al = 100 com o líquido iônico [$C_8$MI]Cl apresentou picos característicos de Quartzo, sendo representada na Fig. 6.

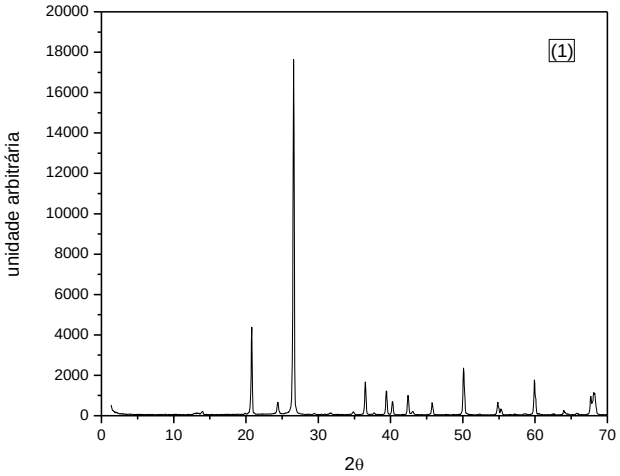



Figura 6. Difratograma de raios X referente à síntese com LI [$C_8$MI]Cl, relação Si/Al = 100.

## 4. CONCLUSÃO

Na Relação Si/Al = 1 com o Líquido iônico [$C_4$MI]Cl, assim como, na relação Si/Al = 1 com [$C_8$MI]Cl, pode ser verificado através dos difratogramas de raios X que obteve-se picos característicos da Zeólita Sodalita, juntamente com quartzo. Quando a quantidade de $NaAlO_2$ foi diminuída, na relação Si/Al = 8 e 100, obteve-se somente Quartzo. Sendo assim, pode-se observar que a relação Si/Al influi diretamente na formação do material, sendo que, ao se diminuir a quantidade de $NaAlO_2$, tem-se uma tendência maior à formação de picos característicos do Quartzo.

## 5. AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPERGS, CNPq e a URI-Erechim.

## 6. REFERÊNCIAS

Barbosa, 2014. Oveimar et al. Glutaraldehyde in bio-catalysts design: a useful crosslinker and a versatile tool in enzyme immobilization. *Rsc Advances*, v. 4, n. 4, p. 1583-1600.

Bassegoda, A.; Cesarini, S.; Diaz, P., 2012. Lipase improvement: goals and strategies. *Computacional and Structural Biotechnology Journal*, v. 2, p. e201209005.

Bon, E. P. S.; Maria, A.; Ferrera, M. A.; Corvo, M. L.; Vermelho, A.B.; Paiva, C. L. A.; Alencastro, R. B.; Coelho, R. R. R. 2008. Enzimas em Biotecnologia: Produção, Aplicação e Mercado. *Ed Interciência*, Rio de Janeiro.

Brígida, A.; Pinheiro, A.; Ferreira Gonçalves, 2008. Imobilization of Candida antarctica lipase by adsorption to green coconut fiber. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v.146, p. 173-187.

Feliczak-Guzik, A., 2017.; Hierarchical zeolites: Synthesis and catalytic properties. *Microporous and Mesoporous Materials.*

Grecco, S. T. F.; Rangel, M. C; Urquieta-González, E. A., 2013. Zeólitas hierarquicamente estruturadas. *Quim. Nova*, v. 36, n. 1, p. 131-142.

Martins, L.; Cardoso, D.; 2006. Aplicação catalítica de peneiras moleculares básicas micro e mesoporosas. *Química Nova*, V. 29, N. 2, P. 358.

Meier, W. M.; Olson, D. H., 1992. *Atlas of Zeolite Structure Types*, 3a. ed., Butterworth-Heinemann, Londres,.

Mignoni, M.L., 2012. Zeólitas obtidas com líquidos iônicos como direcionadores de estrutura: síntese e reatividade. *Tese (doutorado em Química)* - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Petkowicz, D. I., Canal, S., Finger, P. H., Mignoni, M. L., & dos Santos, J. H. Z., 2017. Synthesis of hybrid zeolites using a solvent-free method in the presence of different organosilanes. *Microporous and Mesoporous Materials, 241*, 98-106.

Sheldon, Roger A.; Dakka, Jihad; 1994. Heterogeneous catalytic oxidations in the manufacture of fine chemicals. *Catalysis today*, v. 19, n. 2, p. 215-245.

L. Ren, Q. Wu, C. Yang, L. Zhu, C. Li, P. Zhang, H. Zhang, X. Meng, F. Xiao, J. Am., 2012. *Chem. Soc*. 134 15173e15176.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DO EFEITO DA TEMPERATURA DE AUSTENITIZAÇÃO NA MICROESTRUTURA E DUREZA DO AÇO SAE 8640 TRATADO TERMICAMENTE

**Igor Enderle Lodi**
**Daniel Lago**
Universidade de Passo Fundo, Av. Brasil Leste, 285 - São José, Passo Fundo - RS, 99052-900
igorelodi@gmail.com
daniellago10@hotmail.com

***Resumo:*** *O tratamento termico têmpera consiste em operações de aquecimento e resfriamento rápido do aço, exigindo controle sobre os fatores que foram analisados: temperatura e meio de resfriamento. O presente trabalho teve como intuito analisar e avaliar da dureza em diferentes temperaturas de aquecimento do material. O Aço SAE 8640 é um material de médio carbono e baixa liga, muito utilizado na industria por ter boa resistencia mecânica conbinado com a resistencia a fratura.O mesmo pode ser nitretado para aumentar a resistencia ao desgaste.Os corpos de prova possuem dimensoes de 25,4 mm de diametro e 10 mm de espessura, utilizou-se o tratamento termico de tempêra com resfriamento em óleo, o processo consistiu em aquecer as amostras em diferentes temperaturas a fim de avaliar a dureza obtida com apenas um fator de variação. Verificou-se que, após realizar a tempera, as amostras submetidas a aquecimento com maiores temperaturas apresentaram menor dureza, sendo que as amostras que foram submetidas a temperatura de aquecimento de 1050ºC obtiveram uma maior variação na sua dureza, seguido de 950ºC e 850ºC.*

***Palavras-chave:*** *Tratamento termico, Aço carbono, Tempêra, Temperatura de aquecimento.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Ferro é a principal constituinte da principal liga existente para a indústria e para a engenharia: O Aço, usado em larga escala pela indústria automobilística, aérea, bélica, construção civil, em todas as áreas, os aços se fez presente de alguma forma.

O tratamento térmico é um conjunto de operações que consiste em aquecer o material até sua temperatura de austenitização, em seguida, resfria-lo rapidamente e de forma continua em meios de resfriamento como a água, o óleo, ou o ar. Operação essa que deve ser realizada em um meio controlado, para que possa obter-se as características desejadas, ou chegar o mais próximo possível. (CALLISTER, 2012).

O primeiro passo para fazer um tratamento térmico é o aquecimento da peça, o aquecimento é geralmente realizado a uma temperatura acima da crítica, porque se completa a austenitização que posteriormente ocorrera a transformação desejada no material, as quais será ditada pela velocidade de resfriamento do material.

O material abordado neste trabalho é o Aço SAE 8640 onde apresenta alta resistência mecânica, boa usinabilidade, alta tenacidade, elevada temperabilidade e baixa soldabilidade. Sua aplicação é amplamente utilizada na fabricação de eixos, bielas e virabrequins, na indústria agrícola, automobilística, de máquinas e equipamentos, etc.

Através deste trabalho cientifico, foi analisada a diferença de durezas em um mesmo material, que foi resfriado em um mesmo fluido, porem teve três temperaturas diferentes de aquecimento. Foi realizada esta analise através de uma análise estatística, onde teve um fator, com três níveis.

É de grande importância conhecer, estudar, analisar e avaliar os componentes mais importantes de máquinas, construções, com desenvolvimento de estudos e conhecimento, busca-se saber como melhorar estes materiais e como torna-los mais seguros para não ocorrer desastres, minimizando os problemas. O estudo de características dos aços tem grande influência na segurança e bom funcionamento dos equipamentos, dando-se conta que o aço é o componente de maior solicitação nas estruturas, justifica-se este trabalho em aumentar a gama de estudos dos aços, em especial o Aço SAE 8640, mudando aspectos para buscar ao fim um material, com maior resistência mecânica, melhorando processos e buscando minimizar custos para tornar cada vez mais viável o uso de materiais de excelente qualidade transmitindo maior segurança.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

O presente trabalho trará de um experimento prático, onde foi analisado a influência da temperatura de aquecimento, na dureza final do material, após seu resfriamento.

### 2.1 Têmpera

O processo de têmpera dos aços consiste no resfriamento rápido do aço de uma temperatura superior à sua temperatura critica em um meio como óleo, água, salmoura ou mesmo ar. O objetivo precípuo da têmpera é a obtenção da estrutura martensitica, para que o deve, portanto, fazer com que a curva de esfriamento passe a esquerda do cotovelo da curva "C", evitando assim a transformação da austenita. A velocidade de resfriamento nestas condições dependerá do tipo de aço, forma e dimensões da peça. (CALLISTER, 2012).

A curva de tratamento térmico de têmpera ocorre conforme a figura 1:

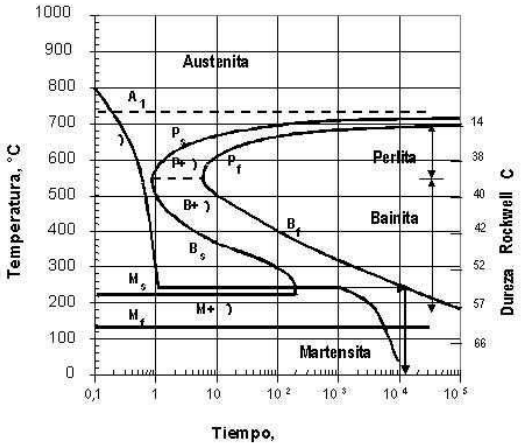



Figura 1: Diagrama esquemático de transformação para têmpera

### 2.2 Velocidade de Resfriamento

O fator mais importante no tratamento térmico é a velocidade de resfriamento após a austenitização completa da peça. Um erro na escolha ou avaliação da velocidade de recozimento pode acarretar em uma estrutura diferente da pretendida inicialmente, o que implica em um material com propriedades completamente distintas das que foram planejadas.

Quanto maior a severidade de têmpera, mais rápido e o resfriamento. Entretanto, o potencial de ocorrência de distorção e trincas também cresse com o aumento da severidade de têmpera. (COLPAERD, 2008).

É nessa fase que as microestruturas finais e composição química serão formadas. O tempo, velocidade e meio em que ocorrerá o resfriamento dependerá do resultado final esperado. O meio de resfriamento deverá considerar a área e forma da peça, para obter resultados satisfatórios reduzindo e evitando deformação, trincas e empenamento.

## 3. MATERIAIS E METODOS

Os procedimentos para realizar estes ensaios foram realizados no laboratório do núcleo de tecnologia Mecânica da FEAR, localizado a Universidade de Passo Fundo (UPF). Para realizar o ensaio proposto, primeiramente foi selecionado o aço SAE 8640, por ter um médio teor de carbono e baixa liga, conforme Tabela 1, foi utilizado forno com capacidade a altas temperaturas, e um equipamento de ensaio de dureza da marca HECKERT, onde os parâmetros usados para definir a dureza foi um incerto de força de 150 Kg, incerto de diamante cônico com 120°. Foi realizado o corte de um número pré-determinado de amostras, em seguida foi separadas as mesmas em três grupos, que foram colocadas em grupos diferentes no forno de aquecimento com altas temperaturas, sendo que o primeiro grupo foi aquecido à temperatura de 850ºC, essa temperatura corresponde faixa de temperatura de austenitização do aço SAE 8640, que varia entre 840ºC até 880ºC, o segundo grupo com temperatura de 950ºC e o terceiro grupo com temperatura de 1050°C. Para cada grupo de temperatura foi determinada 5 amostras por temperatura, onde no total do experimento foram necessários 15 amostras de aço SAE 8640 com dimensões de 25,4 mm de diâmetro e 10 mm de espessura.

De acordo com Montgomery, para selecionar o número de amostras necessário é preciso definir primeiramente quantos meios de tratamento vão ser utilizados, em seguida seleciona-se o número de amostras pretendidas, é preciso realizar um cálculo, com o resultado obtém-se o erro e a partir do mesmo identifica-se se está dentro da faixa pretendida, caso contrário alterasse o número de amostras até chegar ao erro desejado.

A composição química do Aço SAE 8640 é denominada pela tabela 1:

Tabela 1: Composição química media Aço SAE 8640

| Composição química média | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aço | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Mo |
| SAE 8640 | 0,38 | 0,15 | 0,75 | 0,03 | 0,04 | 0,4 | 0,4 | 0,15 |
| | 0,43 | 0,35 | 1 | Máx. | Máx. | 0,6 | 0,7 | 0,2 |

Os corpos de provas foram submetidos aos parâmetros de tratamento térmico conforme a tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros do tratamento térmico em Aço SAE 8640.

| **Aço** | **Tratamento Térmico** | **Temperatura (°C)** | **Tempo (minutos)** | **Resfriamento** |
|---|---|---|---|---|
| SAE 8640 | Têmpera | 850<br>950<br>1050 | 30 | Óleo |

Através deste ensaio, foi analisado a dureza de cada grupo de amostras em relação à variação da temperatura de aquecimento, onde ambas foram resfriadas em um mesmo fluido.

Primeiramente foi feito a têmpera no aço SAE 8640, onde foi aquecida a temperatura de 850°C, no qual permaneceu por 30 minutos dentro do forno, após completo 30 minutos foi resfriado no óleo, em seguida foi realizado um lixamento nas amostras a fim de retirar excessos de impureza, por fim foi realizado um ensaio de dureza de todas as amostras, a fim de coletar dados para realizar a análise.

O mesmo roteiro foi realizado para as têmperas em temperaturas aquecimento de 950°C e 1050°C.

Para realizar a análise dos dados, utilizou-se o método de experimento estatístico de 1 fator e três níveis, sendo que possui um fator, ou seja, um meio de resfriamento, nosso caso o óleo, o mesmo variando em três níveis, que seria as temperaturas de aquecimento de 850ºC, 950ºC e 1050ºC.

Foi determinado o resfriamento a óleo, pôr o mesmo possuir algumas características próprias, ou seja, uma delas tem a ver com sua taxa de transferência de calor, que ao contrário do resfriamento em água, possui uma baixa velocidade de resfriamento do material, fazendo com que diminua a possibilidade de formação de micro trincas.

As temperaturas de aquecimento foram estipuladas através de pesquisas realizadas, onde 850ºC é a temperatura média de austenitização do material a ser analisado, a partir da mesma, foi estipulada uma variação de 100ºC, por ser uma variação considerável na transformação da microestrutura e tamanho de grão do aço SAE 8640, com isso, determinaram-se as temperaturas de 950ºC e 1050ºC.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de realizado os ensaios de dureza, em todas as amostras foi realizado um levantamento dos resultados das durezas obtidas o qual podemos ver no Quadro 1:

Quadro 1- Durezas obtidas após tratamento térmico em HRC.

| Amostra | Temperatura | | |
|---|---|---|---|
| | 850 °C | 950 °C | 1050 °C |
| 1 | 52 | 52 | 36 |
| 2 | 52 | 50 | 36 |
| 3 | 52 | 50 | 35 |
| 4 | 53 | 51 | 35 |
| 5 | 52 | 52 | 35 |

Ao analisar o quadro obtido depois de realizado o ensaio, pode-se notar que há menor dureza nas amostras aquecidas a 1050 °C, logo as amostras que foram submetidas à temperatura de aquecimento de 850 °C e 950°C tiveram valores para dureza semelhantes, pelo fato no qual a faixa de temperatura de austenitização do Aço SAE 8640 é de 840°C até 880°C, onde o resfriamento a óleo traz melhores homogeneidade micro estrutural.

A menor dureza nas amostras que foram aquecidas a temperatura de 1050ºC, ocorreram devido sua temperatura não permitir uma velocidade de resfriamento adequada pegando o joelho da curva TTT formando perlita grosseira, ferrita e bainita, onde essas microestruturas tendem a ocasionar a diminuição considerável da dureza do material. Apesar do tamanho de grão ter sido maior na temperatura de 1050ºC, o qual traz um aumento da dureza no material, esta formação de perlita, bainita e ferrita, ocasionou em uma diminuição da dureza, contrariando o esperado para o respectivo aumento do tamanho de grão.

Pelo fato da velocidade de resfriamento ter sido baixa, a taxa de resfriamento do óleo tende a ser de 5 a 7 vezes mais demorado que da água, estas baixas velocidades em conjunto com altas temperaturas fizeram com que o resfriamento da peça não desviasse a temperatura crítica ultrapassando assim a curva de formação de bainita, perlita e ferrita. Para ocorrer a formação de 100% de martensita, é necessário que a peça atinja os 550°C sem que ultrapasse a curva de formação, (tempo aproximado de resfriamento de no máximo 2 segundos).

Na temperatura de aquecimento de 950 °C, também tiveram formação de perlita e bainita, mas não teve uma relevância considerável na dureza do material, pois não ultrapassou de maneira considerável a curva de resfriamento.

Na temperatura de aquecimento de 850°C, houve transformação total em martensita, devido a velocidade de resfriamento ter sido mais rápida, no qual não atingiu a curva de resfriamento em nenhum momento, mantendo assim sua microestrutura de 100% martensita.

A curva de resfriamento ocorrido no experimento, responsável pela formação de perlita e ferrita, ocorreu conforme a representação das curvas de resfriamentos na figura 2:

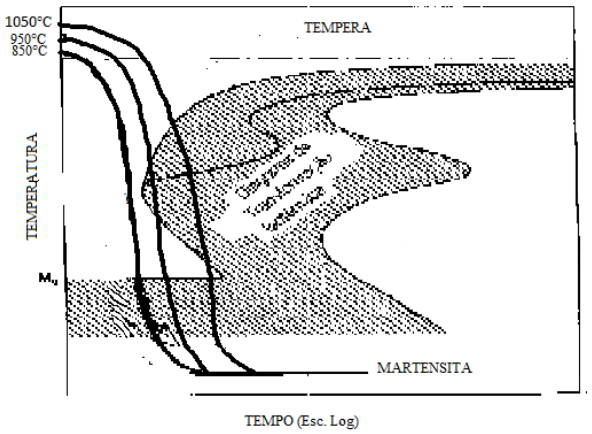



Figura 2 – Representação da curva de resfriamento do material no experimento.

Depois de realizado a metalografia para distinguir a microestrutura formada após a tempera as imagens obtidas seguem abaixo conforme as figuras 3,4 e 5.

Figura 3- Metalografia em temperatura de aquecimento 850ºC, aumento em 500x.

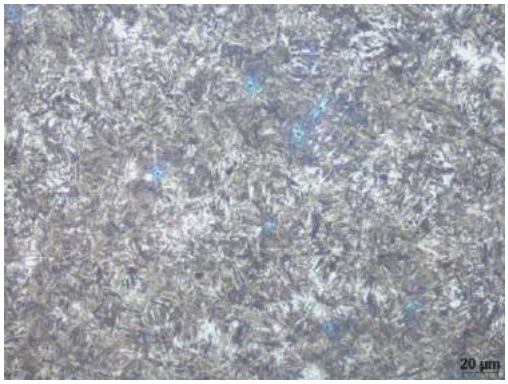



Figura 4 – Metalografia em temperatura de aquecimento 950ºC, aumento em 500x.

Figura 5 – Metalografia em temperatura de aquecimento 1050ºC, aumento 500x.

Quadro 2 - Tabela anova obtida após análise estatística.

| ANOVA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **FONTE DE VARIAÇÃO** | **SQ** | **GL** | **MQ** | **VALOR F** | **VALOR P** |
| POTÊNCIA | 878,4 | 2 | 439,20 | 878,4 | <0,00 |
| ERRO | 6 | 12 | 0,50 | | |
| TOTAL | 884,4 | 14 | | | |

Ao analisar a tabela, com os dados estatísticos da análise de variância, obtivemos resultados perceptíveis de que as hipóteses consideradas influenciam no resultado final, ou seja, para um nível de significância de 5%, a temperatura de aquecimento influencia significativamente na dureza final do material.

Em relação à temperatura de aquecimento, o resultado esperado seria que na temperatura de aquecimento de 1050ºC, a dureza seria maior que a das temperaturas de 950ºC e 850ºC, devido o aumento do tamanho de grão, porém, o teste de dureza apresentou um resultado não esperado, ou seja, uma diminuição significativa na dureza do material em relação a esses parâmetros.

Considerando a hipótese sobre os resultados esperados e obtidos, a principal causa de não chegarmos ao resultado esperado, seria a velocidade de resfriamento, ou seja, o tempo em que os corpos de prova, que estão às altas temperaturas, cheguem a uma temperatura próxima de 550ºC, localizado no cotovelo da curva TTT para este material.

Isso se dá devido ao óleo conter uma taxa de resfriamento de 5 a 7 vezes mais lenta que a água, fazendo com que a curva de resfriamento atinja a curva de transformação do diagrama, consequentemente ocasiona a formação de bainita, ferrita e perlita. Essas microestruturas, em conjunto com a martensita, ocasionam uma diminuição da dureza do material, não sendo desejado que isso ocorra.

**Conclusões**

Com os resultados da analise de dureza apresentados, podemos concluir que ocorreu uma significativa mudança na dureza do material, sendo que as amostras submetidas à temperatura de 1050ºC apresentaram uma dureza menor que as demais amostras.

Com isso observou-se que, ouve um aumento considerável no tamanho de grão, porem por ser um resfriamento a óleo, sua velocidade de resfriamento é menor que outros meios, fazendo com que a curva de resfriamento atingisse o cotovelo da curva de transformação TTT do aço SAE 8640, assim formando em sua microestrutura ferrita, perlita e bainita, que consequentemente diminui a dureza.

Sabendo que o desejado seria uma curva de resfriamento em que não atingisse o cotovelo da curva TTT, onde teríamos a formação de 100% de martensita, para isso ocorrer, uma das alternativas seria realizar a mudança do meio de resfriamento, onde o mesmo necessitaria de uma alta taxa de absorção de calor, ou seja, deve diminuir a temperatura do material aquecido o mais rápido possível, assim obtendo a formação de 100% de martensita conforme o desejado.

## 5. REFERÊNCIAS

CALLISTER, William D. Ciências e engenharia de materiais uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: Gem, 2012.

COLPAERD, Hubertus. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**.** 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2008

Carvalho, A. R. (2004). Estudo da influência da agitação e da severidade de têmpera do meio de resfriamento na determinação de velocidades criticas de têmperas.

CHIAVERINI, V. (1979). *Aços e Ferros Fundidos.* São Paulo: Editora ABM.

DUROCHAMA. (2015). Têmpera Superficial por Indução e por Chama - Aspectos Praticos.

FREITAS, L. B. (setembro de 2016). ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS TRATAMENTOS TÉRMICOS REALIZADOS EM AÇO 8640.

GRACIOSO, J. F. (2003). EFEITO DAS CONDIÇÕES DE TÊMPERA NA MICROESTRUTURA E propriedades mecânicas de um aço inoxidavel martensítico fundido.

MONTGOMERY, D. C. (2013). *Design and Analysis.* Arizona: Eighth Edition.

SHEID. (2015). Aula Esperimental - Tratamentos térmicos dos aços - UFPR Unifersidadedo Paraná.

SILVA, R. F. (2007). influencia da temperatura de austenitização para tempera e derevenimento na tenacidade e na vida em fadiga dp aço SAE 5160 .

SILVA, R. F. (2011). ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CICLOS DE TRATAMENTO.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluídos neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DA DUREZA SUPERFICIAL DE CONCRETOS EMPREGADOS EM PISOS PRODUZIDOS COM CIMENTO PORTLAND COMPOSTO

**Marinês Langoski**
**Cristina Vitorino da Silva**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim. RS 331, Bairro Demoliner, Erechim.

engenheiraml@hotmail.com cristina@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Por ser o concreto um material altamente empregado na construção civil, é de suma importância realizar novas pesquisas tecnológicas para o emprego deste material. O objetivo principal desse trabalho é avaliar a influência de alguns materiais constituintes do concreto e seus proporcionamentos frente à resistência à compressão uniaxial, em concretos empregados em pisos. Para tanto foram avaliados alguns fatores como o teor de substituição de sílica ativa (0 %; 5 %; 10 %) e a idade de cura de 7 dias, em concretos produzidos com cimento Portland Composto. Em análise dos resultados, verificou-se que quanto maior o teor de substituição de sílica ativa, maior é a resistência à compressão uniaxial e menor é o percentual de exsudação. Quanto à relação água/aglomerante, quanto maior esta, menor a resistência à compressão uniaxial. Através dos resultados espera-se encontrar uma combinação entre teores de sílica ativa que seja julgada adequada, buscando uma melhora nas propriedades dos concretos empregados em pisos.*

***Palavras chave:*** *Pisos de concreto, resistência mecânica, exsudação.*

## 1.r INTRODUÇÃO

Pisos de concreto são elementos de grande importância em obras de engenharia, o que ressalta a importância de algumas propriedades, como a resistência mecânica. No entanto, tais propriedades acabam muitas vezes comprometidas, principalmente em função de problemas vinculados ao projeto, à execução e à dosagem do concreto dessas estruturas (GUIMARÃES, 2010).

A maioria dos projetos de pisos de concreto avalia apenas questões estruturais, o que evidencia a falta de especialização nessa área. Desse modo, aspectos fundamentais e determinantes do desempenho dessas estruturas deixam de ser contemplados. Grande parte das patologias que ocorrem em pisos de concreto se concentra, basicamente, na preparação, execução e seleção dos materiais, sendo mais raros os problemas estruturais (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

Uma das metas principais dessa pesquisa foi avaliar a influência de alguns materiais constituintes do concreto frente a ensaios mecânicos, buscando uma melhora na qualidade dos compósitos a fim de minimizar a tendência ao aparecimento de manifestações patológicas.

Além disso, busca-se investigar a influência da adição de sílica ativa no proporcionamento dos materiais constituintes do traço do concreto, uma vez que o uso dessa adição minimiza o fenômeno da exsudação, podendo ser a exsudação uma das principais causas da redução da dureza superficial e, por consequência, da resistência à abrasão dos pisos de concreto (SILVA, 2011). Foram avaliados dois teores de substituição desse material (5% e 10%), além da dosagem de referência, sem sílica ativa, na idade de 7 dias.

## 2.r OBJETIVO

O objetivo dessa pesquisa é avaliar a influência da sílica ativa e da relação água/aglomerante, em concretos empregados em pisos produzidos com cimento Portland Composto, e seus proporcionamentos frente à resistência à compressão uniaxial e exsudação.

## 3.r MATERIAIS E MÉTODO

Nessa pesquisa foi utilizado cimento CP II-Z Classe 32 MPa, sendo que os ensaios foram realizados no Laboratório de Preparo de Amostras e Técnicas Construtivas da URICER. Foi realizado ensaio de massa específica, sendo que o valor obtido foi de 2,88 g/cm³ e ensaio de resíduo na peneira nº 200, no qual o valor obtido foi de 3,03%.

O agregado miúdo utilizado nessa pesquisa é uma areia natural de origem quartzosa; este foi caracterizado quanto às propriedades físicas. Para o ensaio de composição granulométrica (NBR NM 248/2003), o diâmetro máximo característico foi de 1,18 mm e o módulo de finura obtido foi de 1,98, sendo caracterizado, portanto, como uma areia média fina.

O agregado graúdo utilizado na pesquisa consiste de uma brita de origem basáltica; este foi caraterizado quanto às propriedades físicas. Para o ensaio de composição granulométrica o diâmetro máximo característico foi de 19 mm e o módulo de finura obtido foi de 6,80, sendo caracterizado, portanto, como brita 1.

A água utilizada nos concretos foi proveniente da rede de abastecimento público. O aditivo utilizado nas misturas foi um superplastificante para concreto, a base de éter policarboxílico. O aditivo foi utilizado em todos os traços, sendo que a quantidade a ser utilizada foi definida no momento da concretagem, para que se respeitasse o abatimento (100 ± 20 mm).

### 3.1 Dosagem Experimental

Para essa pesquisa adotou-se o método de dosagem do IPT/EPUSP. Neste método, os parâmetros utilizados são a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, definido como base em especificações de projeto para pisos de concreto. O teor de argamassa ($\alpha$) de 52% foi determinado experimentalmente.

O Diagrama de Dosagem foi plotado através dos valores obtidos pelo ajuste do traço de concreto. Foram definidos os fatores controláveis ou variáveis controláveis, que correspondem aos parâmetros dos processos escolhidos com a meta de avaliar a real influência desses fatores nas variáveis de resposta. As variáveis de controle que foram analisadas na pesquisa estão demonstradas na tabela 1.

Tabela 1. Variáveis de Controle

| Traço | Relação a/agl | Teor de substituição de sílica ativa (%) | Idade de ensaio (dias) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,4 | 0 | 7 |
| 2 | | 5 | |
| 3 | | 10 | |
| 4 | 0,5 | 0 | |
| 5 | | 5 | |
| 6 | | 10 | |
| 7 | 0,6 | 0 | |
| 8 | | 5 | |
| 9 | | 10 | |

A escolha dessas variáveis independentes baseou-se no conhecimento relacionado à dosagem de concretos, à tecnologia dos materiais cimentícios e a parâmetros considerados importantes, nas especificações de projetos utilizados em pisos. Quanto ao fator de controle água/aglomerante, sabe-se que 0,5 é a relação comumente utilizada em especificações de projeto para pisos de concreto, por isso julgou-se importante a avaliação de um intervalo no qual este valor estivesse contido.

Tratando da substituição de sílica ativa, muitos estudos indicam que a incorporação desse material em teores de até 10%, aumenta significativamente a durabilidade e a resistência das estruturas de concreto, e que teores acima de 10% pode acarretar aumento significativo nos custos com a sua empregabilidade. Na tabela 2 são apresentadas as características dos concretos estudados, como os quantitativos reais de material, traço unitário, abatimento e teor de aditivo químico.

Tabela 2. Características dos Concretos estudados

| Traço | Cons. Cim (kg/m³) | Traço unitário | | | | Quantitativos reais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | c | a | p | m | c | a | p | Tsa | H (%) | α (%) | Abatim. (mm) | Adit. (%) |
| 1 | 486,50 | 1 | 1,39 | 2,21 | 3,60 | 34,54 | 48,08 | 76,26 | 0,00 | 8,69 | 52 | 105 | 0,002 |
| 2 | 486,50 | 1 | 1,39 | 2,21 | 3,60 | 32,82 | 48,08 | 76,26 | 1,72 | 8,69 | 52 | 80 | 0,07 |
| 3 | 486,50 | 1 | 1,39 | 2,21 | 3,60 | 31,08 | 48,08 | 76,26 | 3,46 | 8,69 | 52 | 98 | 0,16 |
| 4 | 376,62 | 1 | 2,03 | 2,80 | 4,83 | 27,20 | 55,30 | 76,20 | 0,00 | 8,58 | 52 | 117 | 0,005 |
| 5 | 376,62 | 1 | 2,03 | 2,80 | 4,83 | 25,80 | 55,30 | 76,20 | 1,36 | 8,58 | 52 | 100 | 0,10 |
| 6 | 376,62 | 1 | 2,03 | 2,80 | 4,83 | 24,50 | 55,30 | 76,20 | 2,72 | 8,58 | 52 | 80 | 0,07 |
| 7 | 314,45 | 1 | 2,68 | 3,39 | 6,07 | 22,44 | 60,08 | 76,18 | 0,00 | 8,49 | 52 | 105 | 0,001 |
| 8 | 314,45 | 1 | 2,68 | 3,39 | 6,07 | 21,32 | 60,08 | 76,18 | 1,12 | 8,49 | 52 | 80 | 0,11 |
| 9 | 314,45 | 1 | 2,68 | 3,39 | 6,07 | 20,20 | 60,08 | 76,18 | 2,24 | 8,49 | 52 | 80 | 0,11 |

## 4.r ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste item estão apresentados os resultados obtidos para as propriedades analisadas na metodologia desse trabalho.

### 4.1 Exsudação

Os resultados do ensaio de exsudação dos concretos estudados encontram-se na tabela 3.

Tabela 3. Resultados do Ensaio de Exsudação

| Traço | Fatores Controláveis | | Quant. de água exsudada (%) |
|---|---|---|---|
| | Relação água/agl | Tsa (%) | |
| 1 | 0,40 | 0 | 1,34 |
| 2 | 0,40 | 5 | 0,66 |
| 3 | 0,40 | 10 | 0,10 |
| 4 | 0,50 | 0 | 0,97 |
| 5 | 0,50 | 5 | 0,68 |
| 6 | 0,50 | 10 | 0,11 |
| 7 | 0,60 | 0 | 0,86 |
| 8 | 0,60 | 5 | 0,40 |
| 9 | 0,60 | 10 | 0,57 |

Analisando-se o os resultados de exsudação em relação ao percentual de substituição de sílica ativa, é possível observar uma diminuição da taxa de exsudação em traços que possuem substituição de sílica ativa em sua composição: quanto maior o teor de sílica ativa, menor a porcentagem de exsudação registrada.

Pode-se concluir, de acordo com Neville (1997) apud Silva (2004), que a redução da exsudação para os traços produzidos com Tsa de 5% e 10% pode ser explicada em função da grande finura da sílica ativa, fato que aumenta a coesão das misturas e minimiza a exsudação, o que por sua vez reduz a porosidade na zona de transição entre a pasta de cimento e os agregados, trazendo ganhos de resistência e de durabilidade aos compósitos.

Variabilidade ocorreu para relação a/agl 0,6 e teor de substituição de sílica ativa de 10%, no qual verificou-se acréscimo no percentual de água exsudada, fato este que não era esperado. De acordo com Cristelli (2010), um processo de vibração inadequado (de longa duração ou reincidente no mesmo local), promove a exsudação excessiva, fazendo com que a água e o teor de finos migrem para a superfície. Fato este que pode estar relacionado com a variabilidade observada.

### 4.2 Resistência à Compressão Uniaxial

As figuras abaixo apresentam o efeito dos fatores de controle (relação a/agl e teor de substituição de sílica ativa) na resistência à compressão dos concretos, através da Análise de Variância (ANOVA).

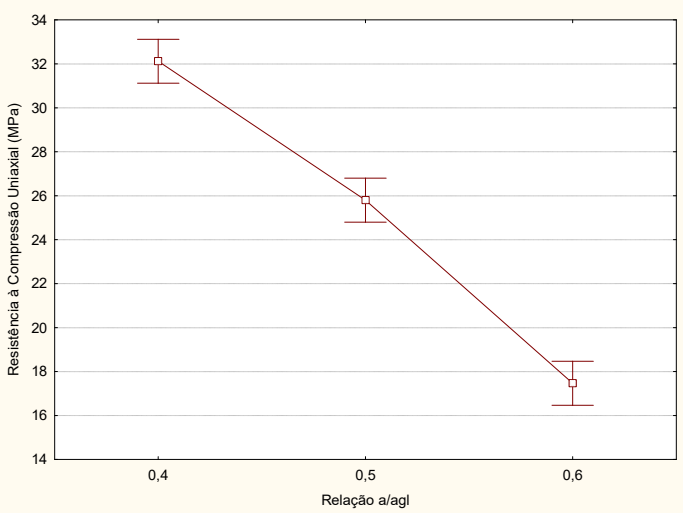



Figura 1. Efeito isolado da relação a/agl na resistência à compressão uniaxial

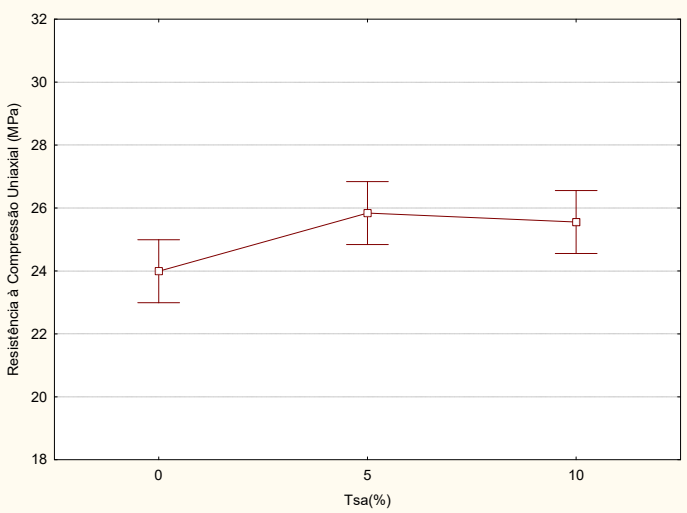



Figura 2. Efeito isolado do Tsa na resistência à compressão uniaxial

Em análise das figuras, foi possível observar que houve decréscimo dos resultados de resistência à compressão uniaxial com relações a/agl mais altas (0,5 e 0,6), fato este já esperado e de consenso no meio acadêmico. Quanto ao Tsa, houve acréscimo da propriedade analisada com teor de 5%, em relação aos traços sem substituição, e não houve variabilidade expressiva entre os traços com teores de substituição de 10% em relação à substituição de 5%. Tal aumento ocorreu devido ao efeito químico e físico que a sílica ativa proporciona à microestrutura e às propriedades mecânicas dos compósitos, comportamento já esperado e de consenso no meio acadêmico.

## 5.r CONCLUSÕES

- a relação a/agl exerceu influência na resistência à compressão uniaxial, fato este já esperado.
- o Tsa(%) exerceu influência na resistência à compressão uniaxial, sendo que foram verificados acréscimos nos resultados obtidos com teores de substituição em relação aos resultados sem teores de substituição.

## 6.r REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

____. NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

____. NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. ABNT, 2009.

_____. NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

____. NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

____. NBR 11578: Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

____. NBR 15558: Concreto - Determinação da exsudação. Rio de Janeiro. ABNT, 2008.

Chodounsky, M. A.; VIECILI, F. A. Pisos Industriais de Concreto – Aspectos Teóricos e Executivos. São Paulo: Reggenza, 2007.

Guimarães, D. Pisos Industriais em Concreto Armado: determinação de teores ótimos de fibras de aço e polipropileno em ensaios mecânicos. 2010. 60 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Silva, C. V. Contribuição ao estudo do desgaste superficial por abrasão em concretos empregados em pisos. 2011. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

## 7.r DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SÍNTESE DE MATERIAIS DO TIPO MCM-48 COM ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE POROS VIA SOLDAGEM SUPRAMOLECULAR UTILIZANDO SEMENTES DE DIFERENTES ZEÓLITAS

**Victor De Aguiar Pedott**
**Elton Luis Hillesheim**
**Iemedelais Bordin**
**Marcelo Luís Mignoni**
Universidade Regional Integrada – URI Campus Erechim
v.a.pedott@gmail.com
hillesheim796@gmail.com
bordiniemedelais@hotmail.com
mignoni@uricer.edu.br

***Resumo.*** *Zeólitas são materiais cristalinos microporosos com grande área de aplicação industrial, porém seu uso é delimitado pelo tamanho de seus poros, que estão na faixa de 1 nm, para melhorar a aplicabilidade das zeólitas este trabalho tem como objetivo a síntese de materiais do tipo MCM-48 com estrutura hierárquica de poros utilizando diferentes sementes de zeólitas, como a ZSM-5 e ZSM-35, para que assim seja possível superar as dificuldades geradas pelos microporos e ao mesmo tempo manter as propriedades das zeólitas como: acidez ou basicidade superficial e capacidade de troca iônica. Para a síntese do material foi utilizado o método de síntese da MCM-48 convencional com a inserção de sementes de zeólitas no meio reacional. Com os resultados obtidos por difrações de raios X podemos avaliar que o método de soldagem supramolecular foi efetivo na obtenção de materiais com estrutura hierárquica de poros, confirmando assim a obtenção de materiais do tipo ZSM-5/MCM-48 e da ZSM-35/MCM-48, cabe ressaltar que material ZSM-35/MCM-48, de acordo com os nossos conhecimentos, foi relatado pela primeira vez na literatura por este trabalho.*

***Palavras-chave:*** *zeóiltas, MCM-48, sementes, soldagem supramolecular, materiais.*

## 1. INTRODUÇÃO

Zeólitas são materiais cristalinos microporosos que englobam um grande número de minerais naturais ou sintéticos. Em geral são alumino-silicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos com estruturas tridimensionais de tetraedros unidos em seus vértices por átomos de oxigênio, tal estrutura gera um material com canais e cavidades interconectadas de dimensões moleculares, conferindo a zeólita uma ótima superfície interna. A estrutura da zeólita permite a passagem de matéria através de seus canais (poros), porém, a transferência é delimitada pelo diâmetro de seus poros (Luz, 1994; Gianneto, 1989).

Além de suas características microporosas as zeólitas contam com propriedades que as diferenciam de outros materiais, tais propriedades são: acidez ou basicidade superficial e capacidade de troca iônica (Grecco et al, 2013a) estas características permitem que as mesmas possam ser empregadas de diversas formas como por exemplo: catalisadores nas indústrias petroquímicas e na síntese de produtos farmacêuticos, como adsorventes em cromatografia, no controle ambiental entre outros (Corma, 1995; Yang 2003).

Uma das dificuldades encontradas na aplicação de zeólitas é limitação de seus poros (tamanho máximo de poros normalmente < 1,5nm), o tamanho dos poros nas reações e processos como catálise heterogênea, adsorção de poluentes e trocadores iônicos limitam a velocidade difusional de moléculas volumosas para o interior do sólido onde está localizada a maior parte dos sítios ativos e o potencial das zeólitas acaba sendo comprometido (Novak, 2018; Xia et al., 2004).

Diversos materiais mesoporosos, com propriedades parecidas com as da zeólita, vem sendo desenvolvidos para tentar suprir a dificuldade das zeólitas na difusão de moléculas maiores, porém esses materiais possuem certas desvantagens como acidez e estabilidade térmica mais baixas, quando comparado às zéolitas, o que limita suas aplicações catalíticas. Para melhorar as propriedades difusionais dos materiais zeolitícos, novos materiais vem sendo desenvolvidos, estes são de estruturas hierárquicas de poros, que combinam as propriedades das zeólita com a capacidade difusional dos materiais mesoporosos (Grecco et al., 2013b).

São muitas as estratégias para alcançar um material com estrutura hierárquica de poros e ao mesmo tempo as mesmas características de uma zeólita convencional, a moldagem sólida é uma dessas técnicas, pois utiliza materiais sólidos como moldes de mesoporos como visto primeiramente por Jacobsen e Madsen em 2000, que consistiu na preparação de cristais de ZSM-5 em uma matriz de carbono, outra técnica a ser usada é a moldagem supramolecular que visa o uso da cristalização simultânea de duas zeólitas distintas com estruturas diferentes, realizadas primeiramente por Kloestra e colaboradores (1996) onde preparam peneiras moleculares através da cristalização simultânea de zeólita FAU e do matereial mesoporoso do tipo MCM-41, na moldagem supramolecular outra forma de se atingir determinada estrutura é pela adição de sementes de zeólitas microporosas a uma estrutura mesoporosa como foi empregado pela primeira vez por Pinnavaia e colaboradores (2000) na síntese do material MCM-41 utilizando sementes da zeólita Y. Na literatura encontramos diversos exemplos de materiais envolvendo mesoestruturação com sementes de zeólitas como beta/MCM-41, beta/MCM-48, ZSM-5/MCM-41, ZSM-5/MCM-48 (Grecco et al., 2008; Shih et al., 2004; Gonçalves et al, 2008; Xia et al., 2004). Cabe salientar que, para todos estes materiais a síntese é realizada via rota hidrotérmica (água como solvente e altas temperaturas 100-180 ºC), e como principais direcionadores de estruturas moléculas do tipo brometo de hexadeciltrimetilamonio (CTABr) e cloreto de cetiltrimetilamonio (TMACl).

Materiais mesoporosos do tipo M41S, desenvolvidos pela Mobil Oil Company em 1992, são amplamente aplicados em inúmeras metodologias de síntese hierárquica de poros, devido a sua grande área superficial, sistema de poros ordenados e raios de poros bem definidos. A MCM-48, material pertencente à família M41S, é uma peneira molecular com arranjo tridimensionais de poros cúbicos (Hoffmann et al., 2006). Devido a sua alta porosidade, torna-se atrativo seu emprego na formação de materiais com estruturas hierárquicas de poros.

O material mesoporoso do tipo MCM-48 pode ser sintetizado de maneira simples a temperatura ambiente com mostrado por Kumar e colaboradores (2001), pois através do uso de direcionadores de estrutura de cadeia longa do tipo n-alquilamina, como líquidos iônicos, e pH básico é possível se obter estruturas de MCM-48 com área superficial e tamanho de poros análogos as MCM-48 sintetizadas através de processos hidrotérmicos.

Zeólitas do tipo ZSM-5 pertencem ao grupo MFI, também conhecido como pentasil, e possuem aberturas de poros médios, em torno de 0,5nm e alto teor de silício (Gianneto, 1990), devido a sua acides gerada por sítios ácidos Bronsted a zeólita ZSM-5 pode ser usada em processos de craqueamento catalítico fluido, hidrocraqueamento, isomerização, alquilação e reforma (Ismail et al., 2006).

A zeólita ZSM–35 pertence à família da estrutura Ferrierita (FER), apresenta uma simetria ortorrômbica de sistemas de poros bidimensionais, tendo razão $SiO_2/Al_2O_3$ que varia de 12 e 60 (Pergher et al., 2014). Devido a sua porosidade zeólitas do tipo ZSM-35 são largamente usadas em aplicações de baterias e em isomerização esquelética (Byggningsbacka et al, 1998; Yuan et al, 2016).

As sínteses de materiais com estrutura hierárquica de poros, até o presente momento, e ao nosso conhecimento, utilizam altas temperaturas em processos hidrotérmicos para a formação da estrutura hierárquica. Tendo isto em vista e a grande aplicabilidade das zéolitas mencionadas, este trabalho tem como objetivo: - a síntese via soldagem supramolecular de um material com estrutura hierárquica de poros utilizando um processo simples e em temperatura ambiente (20-25 ºC); - a utilização de sementes das zéolitas ZSM-5 e ZSM-35 para a formação do material hierárquico do tipo ZSM-5/MCM-48 e ZSM-35/MCM-48, e o sólido iônico Cloreto de 1-hexadecil-3-metilimidazólio ($C_{16}$MI.Cl) como direcionador de estrutura. Este sólido iônico foi escolhido devido já ser utilizado em trabalhos anteriores desenvolvidos pelo grupo de pesquisa para a síntese de materiais mesoporosos do tipo MCM-48 (Battiston et al, 2017a).

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

As zeólitas utilizadas como sementes no processo de síntese dos materiais hierárquicos via moldagem supramolecular foram previamente sintetizadas pelo grupo de pesquisa de acordo com a literatura (Mignoni et al. 2008). Para a síntese dos mateiriais hierárquicos o procedimento seguiu o descrito por (Battiston, 2016), com modificações. A síntese seguiu da seguinte maneira: i) em um béquer de teflon foram adicionados 2,4 g de liquido iônico (C16) juntamente com 50 ml de água deionizada, deixado em agitação até a diluição do liquido iônico, após esta etapa foram adicionados 50 ml de etanol e 12 ml de hidróxido de amônio ($NH_4OH$) e deixado em agitação por 10 minutos para a homogeneização da solução. ii) Após a homogeneização foram adicionados 3,4 g de tetraetil ortosilicato (TEOS) juntamente com as sementes da zeólitas (ZSM-5 ou ZSM-35). A solução foi deixada em agitação por 2h para a formação da estrutura hierárquica, iii) após este período a solução foi filtrada a vácuo e lavada com água deionizada até atingir pH < 9.

As sementes foram colocadas em diferentes razões (m/m): 0,2 %, 0,5 % e 0,8 %, todas em relação a massa total da solução de síntese, para que desta maneira fosse possível avaliar se a quantidade de semente influencia na melhor formação do material. Para verificar a influência do $C_{16}$MI.Cl na obtenção do material hierárquico foi realizada também uma reação nos mesmos moldes descritos anteriormente, porém sem a presença do mesmo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise de difração de raios X

Para a confirmação da formação da estrutura dos materiais desenvolvidos, foram realizadas análises de difração de raios X (Rigaku X-ray diffracyometer) nos materiais com diferentes quantidades de sementes zeolíticas ZSM-5 e ZSM-35. Para os difratogramas é esperado a formação dos picos cristalinos característicos de cada zeólita juntamente com uma parte amorfa pertencente a MCM-48, pois acredita-se que a MCM-48 comece sua nucleação na superfície externa das sementes das zeólitas para desta forma termos um material composto de tamanhos de poros diferentes. Tais dados podem ser visualizados nas Figura 1 e 2.

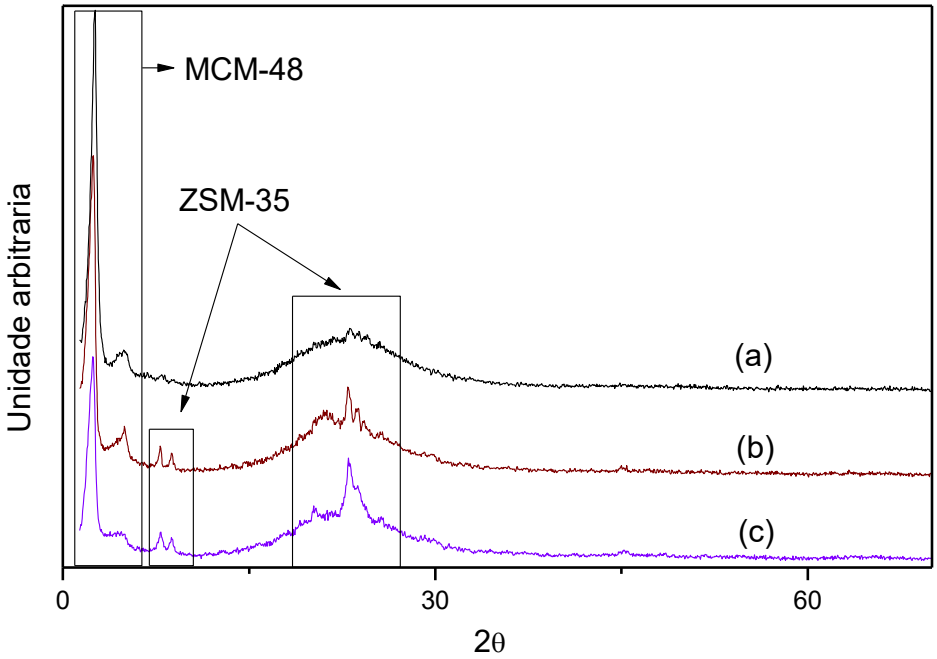



Figura 1: Analise de difração de raios X do material MCM-48/ZSM-35 com diferentes quantidades de zeólitas onde: (a) 0,2% de ZSM-35, (b) 0,5% de ZSM-5 e (c) 0,8% de ZSM-35

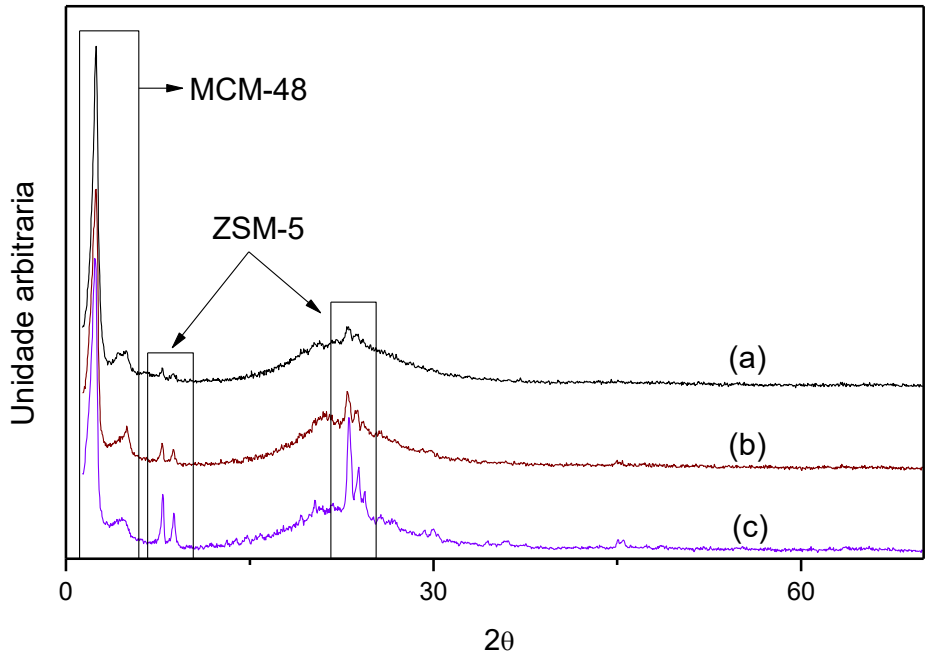



Figura 2: Analise de difração de raios X do material MCM-48/ZSM-5 com diferentes quantidades de zeólitas onde: (a) 0,2% de ZSM-5, (b) 0,5% de ZSM-5 e (c) 0,8% de ZSM-5

Como podemos observar nos resultados obtidos, comprova-se o grande sucesso na obtenção dos materiais hierárquicos obtidos via soldagem supramolecular. A obtenção dos materiais com estrutura hierárquica de poros é comprovada nos difratogramas acima apresentados. É observado a formação tanto da estrutura da zeólita (ZSM-35 ou ZSM-5) quanto a estrutura do material mesoporoso do tipo MCM-48. Os resultados obtidos estão de acordo com os encontrados em literatura (Battiston et al, 2017; Mignoni et al., 2008). Podemos observar também que o aumento na quantidade de sementes na síntese influência na melhor cristalização do material, definindo melhor a estrutura hierárquica de poros resultante.

A análise de DRX do sólido obtido sem a presença do $C_{16}$MI.Cl (mas com semente de ZSM-5 - 0,8%) está representada na Figura 3.

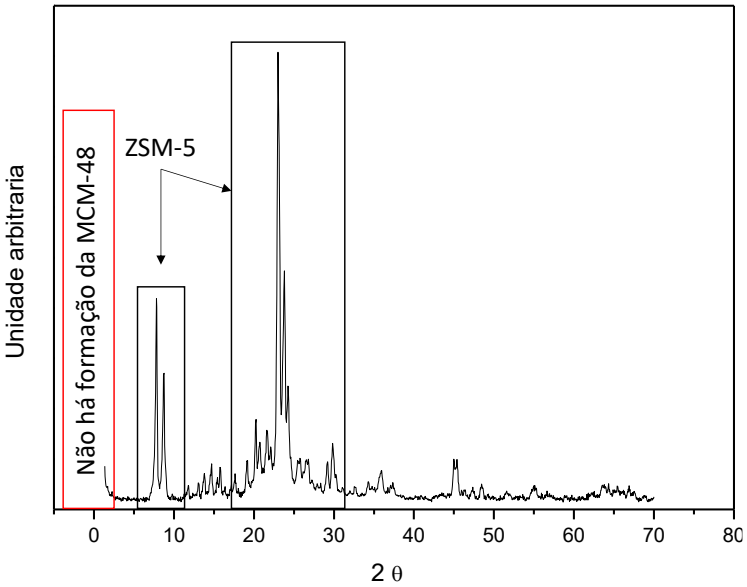



Figura 3. Difratograma de DRX do sólido obtido na síntese sem a presença do $C_{16}$MI.Cl.

Observando a Figura 3, é importante salientar que, o sólido iônico $C_{16}$MI.Cl utilizado neste trabalho apresentou um papel fundamental na obtenção dos materiais ZSM-5/MCM-48 e ZSM-35/MCM-48, pois sem a presença do $C_{16}$MI.Cl no meio reacional, não foi possível a formação do material mesoporoso, consequentemente do material hierárquico.

## 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a obtenção de materiais com sistemas de poros hierárquicos através da adição de sementes de zeólitas ZSM-5 e ZSM-35 na nucleação dos materiais hierárquicos ZSM-5/MCM-48 e ZSM-35/MCM-48 foi bem sucedida, pois como podemos observar nos difratogramas, é confirmada a presença de ambos os picos característico destes materiais. O aumento na quantidade de sementes para a nucleação na reação também teve uma influência positiva, pois com o aumento de sementes obteve-se materiais com mais cristalinidade das fases. Também a presença do $C_{16}$MI.Cl teve um papel fundamental na obtenção destes materiais via soldagem supramolecular na temperatura ambiente. Ainda, é importante ressaltar que, ao nosso conhecimento, o material hierárquico ZSM-35/MCM-48 é descrito pela primeira vez neste trabalho.

## 5. AGRADECIMENTOS

Capes, Fapergs, CNPq e a URI-Erechim

## 6. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Battiston, C. S. Z., Ficanha, A. M. M., Levandoski, K. L. D., Silva, B. A., Battiston, S., Dallago, R. M., Mignoni, M. L., (2017). “Immobilization of lipase on mesoporous molecular sieve MCM-48 obtained using ionic solid as a structure director and esterification reaction on solvent-free.” *Química Nova (Impresso), v. 40, p. 293-298.*

Byggningsbacka, R., Kumar, N., & Lindfors, L. E., 1998. “Comparative study of the catalytic properties of ZSM-22 and ZSM-35/ferrierite zeolites in the skeletal isomerization of 1-butene.” *Journal of Catalysis*, 178(2), 611-620.

Corma, A., 1995. “From Microporous to Mesoporous Molecular Sieve Materials and Their Use in Catalysis” *Chem. Rev.*, 95, 559.

Gianneto, P., 1989. “Zeolitas: características, propriedades y aplicaciones industriales”. *In: Síntese de Zeolitas* Editorial Inovación Tecnológica, chap. 2 and 4.

Grecco, S. T. F., Nobre, P. S. S., Urquieta-González, E. A., Rangel, M. C., 2008. “Em Nanoporous Materials: Proceedings of the 5th International Symposium.” Sayari, A.; Jaroniec, M., eds., *World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.: New Jersey*, p 599;

Grecco, S.D.T.F., Rangel, M.D.C., Urquieta-González, E.A., 2013. “Zeólitas hierarquicamente estruturadas.” *Quim. Nova*, 36(1), pp.131-142.

Gonçalves, M. L., Dimitrov, L. D., Jordão, M. H., Wallau, M., Urquieta-González, E. A., 2008. “Catal. Today”, 133-135, 69.

Hoffman, F. et al., 2006. “Silica-based mesoporous organic-inorganic hybrid materials.” *Angewandte Chemie International Edition*, v.45, p. 3216-3251.

Ismail, A. A., Mohamed, R. M., Fouad, O. A., & Ibrahim, I. A. 2006. “Synthesis of nanosized ZSM-5 using different alumina sources.” *Crystal Research and Technology: Journal of Experimental and Industrial Crystallography*, 41(2), 145-149.

Jacobsen, C. J., Madsen, C., Houzvicka, J., Schmidt, I., & Carlsson, A., 2000. “Mesoporous zeolite single crystals.” *Journal of the American Chemical Society*, 122(29), 7116-7117.

Kloetstra, K. R., Zandbergen, H. W., Jansen, J. C., & Van Bekkum, H., 1996. “Overgrowth of mesoporous MCM-41 on faujasite.” *Microporous materials*, 6(5-6), 287-293.

Kumar, D., Schumacher, K., Fresne Von Hohenesche, C., Grun, M., Unger, K. K., 2001. "MCM-41, MCM-48 and related mesoporous adsorbents: their synthesis and characterisation." *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 187 109-116.

Liu, Y., Zhang, W., & Pinnavaia, T. J., 2000. “Steam-stable aluminosilicate mesostructures assembled from zeolite type Y seeds.” *Journal of the American Chemical Society*, *122*(36), 8791-8792.

Luz, A. B. D., 1994. “Zeólitas: propriedades e usos industriais.*”* Rio de Janeiro: CETEM-CNPq 10p.

Mignoni, M. L., Petkowicz, D. I., Machado, N. R. F., & Pergher, S. B., 2008. “Synthesis of mordenite using kaolin as Si and Al source.” *Applied Clay Science*, 41(1-2), 99-104.

Novak, S., 2018. “Síntese de materiais Micro/Mesoporosos hierárquicos com estrutura MFI.” *Tese de mestrado Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista*.

Pergher, S. B., Miotto, N., Bresolin, D., Vaclavik, F. D., Oliveira, C. R., & Baibich, I. M., 2014. “Síntese da zeólita ZSM-35 e avaliação catalítica na decomposição do NO.” Rev Perspect, 38(143), 71-79.

Shih, P. C., Wang, J. H., Mou, C. Y., “Catal. Today” 2004, 93, 365.

Xia, Y., & Mokaya, R., 2004. “On the synthesis and characterization of ZSM-5/MCM-48 aluminosilicate composite materials.” *Journal of Materials Chemistry*, *14*(5), 863-870.

Yang R. T., 2003. “Absorbents: Fundamentals and Applications”, *John Wiley & Sons*, Inc, Brisbane.

Yuan, Z., Zhu, X., Li, M., Lu, W., Li, X., & Zhang, H., 2016. “A highly ion-selective zeolite flake layer on porous membranes for flow battery applications.” *Angewandte Chemie*, 128(9), 3110-3114.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# INFLUÊNCIA DA CORRENTE DE SOLDAGEM SOBRE A MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DE SOLDAS GTAW DO AÇO SAE 4130

**Willian Marcon Pertuzzatti**
**Wéslen Giacomini Zanella**
**Ricardo Turra Renosto**
**Diógenes Antônio Nunes de Freitas**
**William Haupt**
Universidade de Passo Fundo - UPF, BR 285, s/n, Bairro São José, Passo Fundo - RS
willianpertuzzatti@gmail.com; weslenzanella95@gmail.com; kadurenosto@gmail.com; diogenes_fn@hotmail.com; williamhaupt@upf.br;

***Resumo:*** O presente trabalho apresenta um estudo da influência da corrente de soldagem na microdureza e microestrutura das juntas soldadas. O material é um aço liga SAE 4130, que apresenta baixa soldabilidade, afim de se obter parâmetros de soldagem que apresentem baixa tendência à formação de fases frágeis na junta soldada foram realizadas soldas de passe único com três diferentes correntes de soldagem: 40, 45 e 53 Amperes. O processo de soldagem foi *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW), com metal de adição de classificação AWS ER90S-D2 com diâmetro 1,1 mm. O material estudado são tubos com diâmetro externo de 31,75 mm e espessura de 1,6 mm. Os corpos de prova das três juntas avaliadas passaram por ensaio macrográfico para medição da penetração e largura dos cordões obtidos nas diferentes condições de soldagem, posteriormente foi medido o perfil de microdureza na região da solda, zona termicamente afetada (ZTA) e material base. Foi realizada uma caracterização micrográfica das regiões do material base e ZTA com avaliação da microestrutura formada. A corrente de 53 amperes mostrou gerar menor dureza, devido sua microestrutura ser formada por martensita e ferrita diferentes das outras amostras onde houve somente formação de martensita, tornando a estrutura menos suscetível à geração de trincas quando submetida à esforços cíclicos.

***Palavras-chave:*** *soldagem TIG, microdureza Vickers, Zona Termicamente Afetada, Aços liga.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de aços ligas foi possível otimizar componentes do segmento metal mecânico reduzindo sua massa e tamanho já que este tipo de material possui maior resistência quando comparados aos aços carbono. O aço SAE 4130 avaliado no presente trabalho, submetido ao processo de soldagem *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW), é utilizado na fabricação de peças no segmento automotivo, eixos, indústria petrolífera e estruturas como chassis. Os seus principais elementos de liga são: Carbono, que promove aumento de dureza e resistência mecânica, Cromo, que favorece a formação de martensita, Molibdênio que aumenta a dureza e a resistência ao desgaste, Silício que atua como desoxidante e no aumento de resistência mecânica e Manganês que ajuda na globulização de sulfetos prevenindo a fissuração a quente da solda. Estes elementos conferem ao aço SAE 4130, alta temperabilidade e baixa soldabilidade (Askeland, 2008; Callister, 2011).

Devido a sua composição química, o aço SAE 4130 quando soldado apresenta alteração de sua microestrutura em função do calor gerado apresentando elevação da dureza na ZTA podendo ocasionar trincas. Segundo Villani *et. al.* (2016) para avaliar de forma simples se um material é sensível a fissuração quando soldado podemos aplicar a equação do carbono equivalente, se o valor encontrado for menor que 0,4 o aço é insensível, quando for maior que 0,6 o material é fortemente sensível a fissura.

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cu}{15} + \frac{\%P}{3} \qquad (1)$$

Com o propósito de obter um bom parâmetro de soldagem foram efetuadas soldas para avaliar as características de dureza na região soldada em função de diferentes correntes definindo assim qual a melhor configuração para aplicação.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Composição Química Espectral

A análise da composição química do material base foi realizada por meio de um espectrômetro *Foundry-Master Xline* fabricado pela *Oxford Instruments*, que tem seu funcionamento baseado na espectrometria por emissão óptica. Com uma amostra plana, fez-se o lixamento da superfície e foram realizadas cinco queimas para a leitura da composição química, e assim, obtendo o percentual médio de cada componente do material.

### 2.2 Soldagem

A soldagem dos tubos foi realizada pelo processo GTAW, utilizando como metal de adição o consumível ER90S-D2 de diâmetro 1,1 mm ($\sigma_e$ de 540 MPa, $\sigma_{máx.}$ 620 MPa) e composição química informada pelo fabricante conforme a Tabela 1. Para a soldagem foi utilizando eletrodo de Tungstênio com 2% de Tório e gás de proteção Argônio com 99,99% de pureza, adequado para aços liga devido ao bom controle da poça de fusão. Os corpos de prova para realização dos ensaios foram tubos de aço SAE 4130 ($\sigma_e$ 460 MPa, $\sigma_{máx.}$ 560 MPa) com diâmetros externos de 31,75 mm e espessura de 1,6 mm, os encaixes foram feitos manualmente de forma que se encaixassem perfeitamente. Foram testadas as correntes de 40, 45 e 53 Amperes, todas com mesmo operador e mesmo equipamento de soldagem. O equipamento utilizado foi uma Máquina inversora TIG marca Lynus modelo LIT – 416.

Tabela 1 - Composição química do material de adição ER90S-D2

| | **C** | **Mn** | **Si** | **Mo** |
|---|---|---|---|---|
| **%** | 0,07 – 0,12 | 1,6 – 2,1 | 0,5 – 0,8 | 0,4 – 0,6 |

### 2.3 Metalografia

Para a distinção de todas as regiões da amostra, a superfície passou por uma preparação metalográfica conforme a Norma ASTM E3. As amostras foram seccionadas com corte refrigerado de forma que não alterasse a microestrutura, em seguida foram submetidas ao processo de lixamento com lixas de granulometria grossa até uma mais fina para efetuar o polimento com alumina.

#### 2.3.1 Macrografia

Para efetuar a análise macrográfica as amostras foram submetidas ao ataque químico com Nital 10% (10% de ácido Nítrico – NaCl, e 90% de álcool etílico de concentração 99,5%), foi utilizado um equipamento Estereoscópio da marca Zeiss modelo Stemi 2000-C, onde foram medidas as dimensões de penetração e largura do cordão da solda.

#### 2.3.2 Micrografia

Para análise da microestrutura das regiões como metal de solda, ZTA, e do material base, as amostras foram submetidas ao ataque químico com Nital 2% (2% de ácido Nítrico – NaCl, e 98% de álcool etílico de concentração 99,5%), foi utilizado um microscópio óptico de luz refletida da marca Zeiss modelo Axio Scope.A1.

### 2.4 Microdureza

Os ensaios de microdureza foram realizados conforme a Norma ASTM E384 – 17, para a escala *Hardness Vickers* (HV), com a utilização de um Microdurômetro da marca Shimadzu modelo HMV-G 20ST. A escala HV utiliza um indentador de diamante em forma de pirâmide de base quadrada com ângulos de face de 136°. A carga utilizada foi de 0,3 kgf aplicada por 15 s. As medições foram feitas em uma sequência ao longo da superfície da amostra, tomando uma distância de 0,5 mm entre cada indentação, deste modo, mediu-se a dureza no material base, passando pela zona termicamente afetada, e metal de adição na soldagem.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Composição Química Espectral

A Tabela 2 apresenta a composição química especificada para o aço SAE, e a composição encontrada no ensaio da amostra de aço utilizado para a soldagem, objeto de estudo. Pode-se concluir que os valores percentuais de todos componentes se encontram dentro da faixa de tolerância especificada para o aço SAE 4130.

Tabela 2 - Composição química especificada e encontrado para o componente.

| Elementos | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo | Ni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Especificação do aço SAE 4130 | 0,28-0,33 | 0,15-0,30 | 0,40-0,60 | máx 0,035 | máx 0,040 | 0,80-1,1 | 0,15-0,25 | 1,65-2,0 |
| Encontrado | 0,283 | 0,231 | 0,522 | 0,0148 | 0,0087 | 0,893 | 0,24 | 0,0186 |

Com o percentual dos componentes químicos pode-se calcular o Carbono Equivalente (CE), útil para avaliar o nível de soldabilidade do material. O CE deve ser calculado através da equação

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cu}{15} + \frac{\%P}{3}$$

Substituindo os valores, temos:

$$CE = 0{,}283 + \frac{0{,}522}{6} + \frac{0{,}240}{4} + \frac{0{,}893}{5} + \frac{0{,}0186}{15} + \frac{0{,}0148}{3}$$

Resultando em:

$$CE = 0{,}6147\ \%$$

Com esse valor considera-se que o aço é sensível a fissura.

### 3.2 Análise Macrográfica

A Tabela 3 apresenta as dimensões do cordão de solda para cada condição de corrente imposta. É possível verificar valores muito próximos de penetração para as diferentes condições avaliadas, sendo que a condição com 53 A apresentou uma penetração superior as demais devido ao seu maior valor de corrente de soldagem. A largura do cordão se apresentou semelhante para as condições de menor corrente sendo menor para a soldagem com 53 Amperes.

Tabela 3 - Penetração e Largura dos cordões para cada condição de corrente.

| **Corrente (A)** | **Penetração (mm)** | **Largura (mm)** |
|---|---|---|
| 40 | 1,57 | 4,57 |
| 45 | 1,50 | 4,78 |
| 53 | 1,65 | 3,95 |

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam as macrografias das diferentes soldas avaliadas, é possível verificar uma boa diluição do material de base em todas as condições de soldagem, com adequada penetração. Na Figura 2 é possível verificar um ponto de falta de fusão indicado por uma seta. Na Figura 3 é possível verificar um ponto com redução da garganta do cordão devido a maior corrente de soldagem aplicada nesta condição de soldagem.

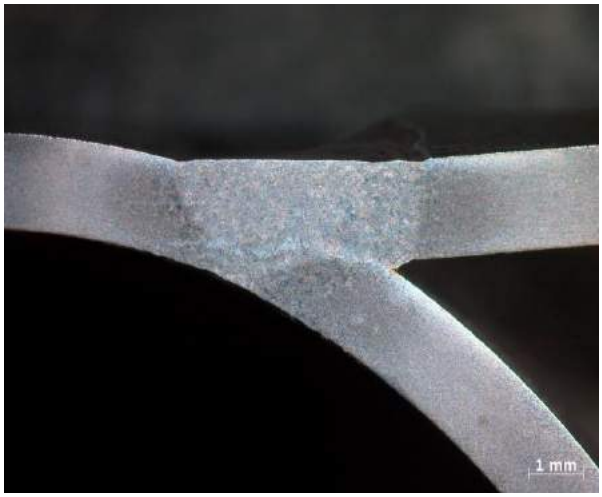



Figura 1 - Macrografia da Solda 40 Amperes

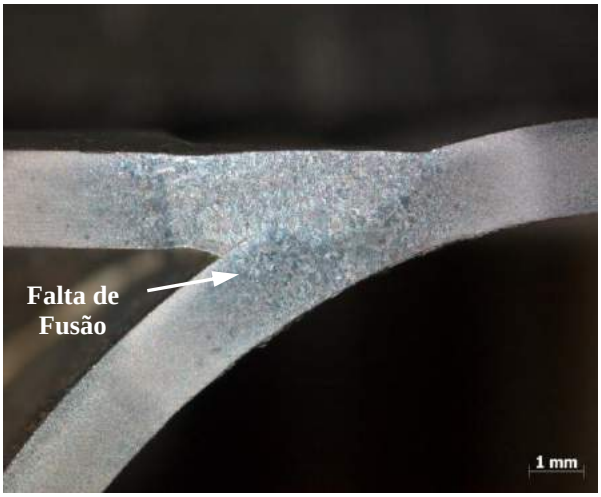



Figura 2 - Macrografia da Solda 45 Amperes

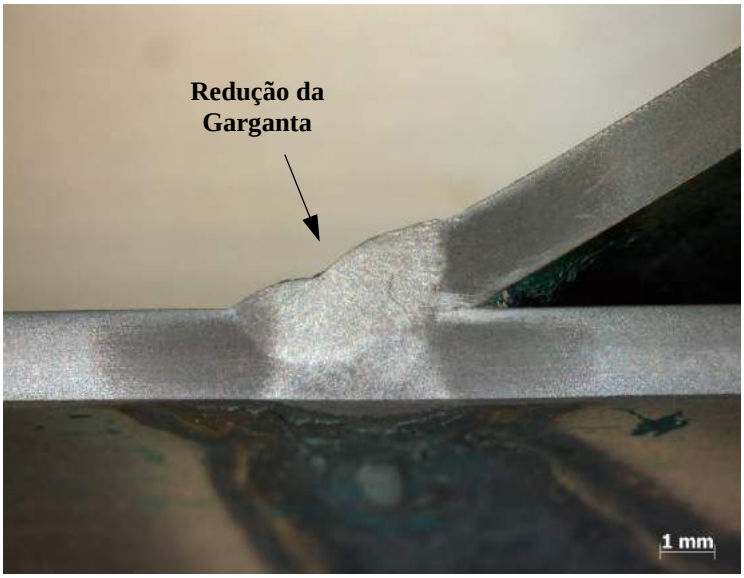



Figura 3 - Macrografia da Solda 53 Amperes

### 3.3 Anáise Micrográfica

As figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam na sequência as microestruturas do material base e zona termicamente afetada das soldas realizadas com 40, 45 e 53 A. A microestrutura do material base é composta de ferrita e perlita sendo a dureza media encontrada nesta região na faixa de 250 HV, a condição de soldagem com 40 A apresentou martensita na sua ZTA, apresentada na figura 5 a dureza máxima registrada nesta região foi de 480 HV, a figura 6 apresenta a solda realizada com 45 A, a microestrutura é composta de martensita grosseira com elevada dureza sendo a máxima dureza registrada de 530 HV indicando uma forte fragilização desta região por elevação de dureza na ZTA. A condição de soldagem com 53 A apresentou uma microestrutura composta de martensita fina e ferrita onde o ponto de máxima dureza registrado foi de 350 HV apresentando uma dureza aceitável para esta condição, minimizando o problema de fragilização por elevação de dureza na ZTA para esta condição.

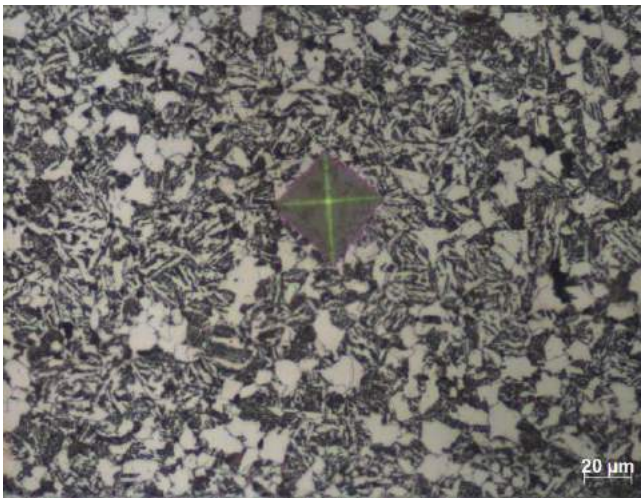



Figura 4 - Microestrutura do material base SAE 4130.

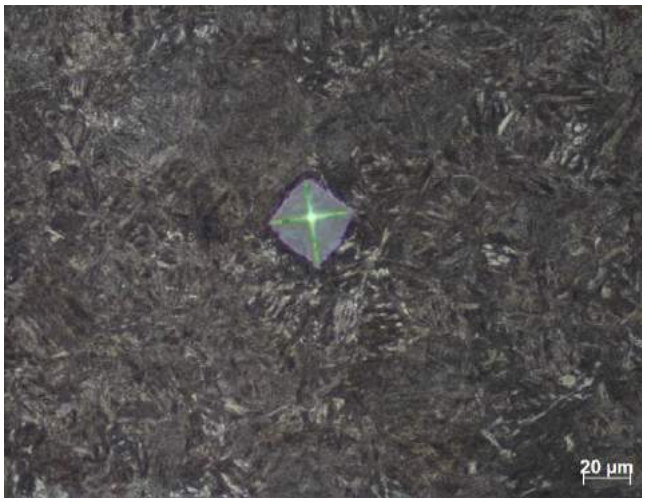



Figura 5 - Microestrutura da ZTA na soldagem com 40A.

Figura 6 - Microestrutura da ZTA na soldagem com 45A.

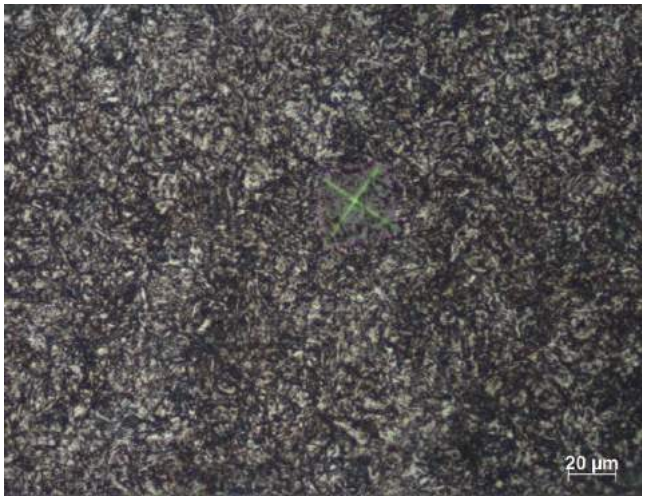



Figura 7 - Microestrutura da ZTA na soldagem com 53A.

### 3.4 Microdureza

O gráfico da Figura 8 mostra o perfil de microdurezas nas respectivas regiões da junta soldada de cada corpo de prova. Na amostra da solda realizada com corrente de 40 A houve modificação da microestrutura apresentando fases de martensita com grãos médios elevando sua dureza, já a amostra soldada com 45 A apresentou microestrutura de martensita grosseira, elevando ainda mais sua dureza junto a região da ZTA quando comparada a amostra anteriormente soldada. Na condição de soldagem com 53 A houve uma acentuada redução da dureza junto a ZTA e metal de solda, isso porque a taxa de resfriamento foi mais lenta devido ao grande calor gerado pelo arco, com isso a curva de resfriamento do material tocou o joelho da curva Tempo Temperatura Transformação (TTT) formando uma estrutura composta por martensita e ferrita diminuindo a dureza.

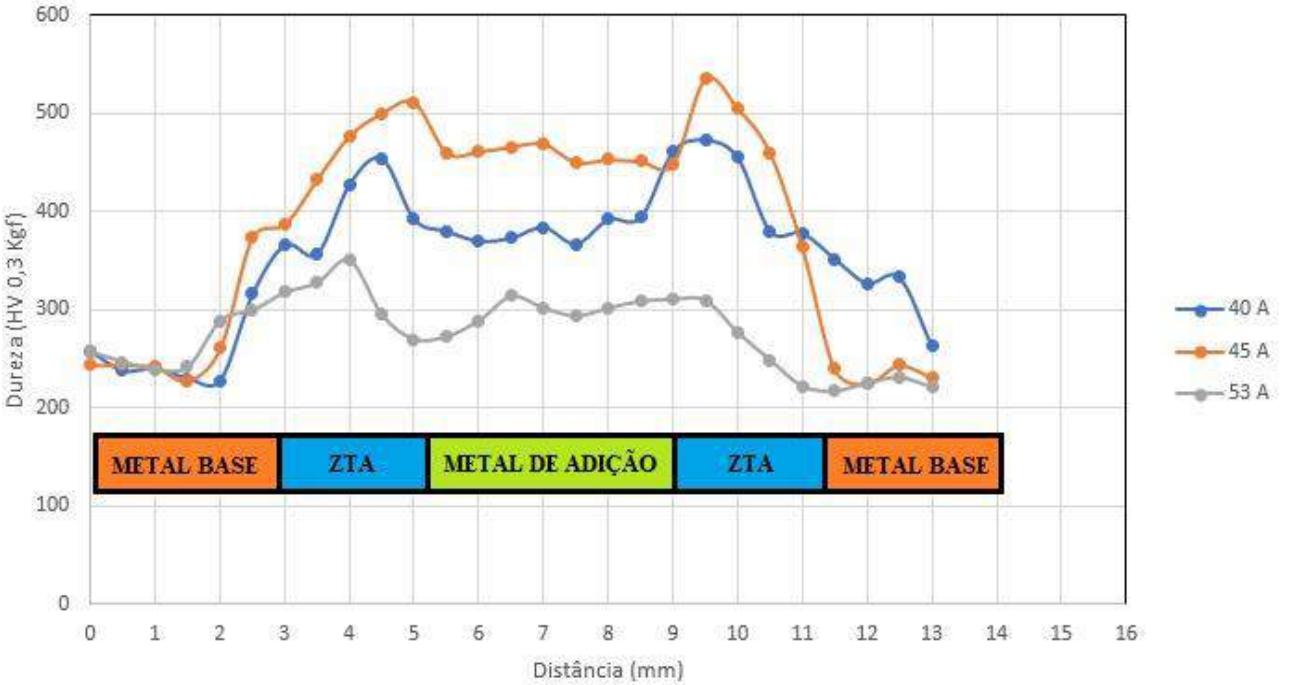



Figura 8 - Gráfico comparativo entre as Durezas nas diferentes condições de Corrente de Soldagem

## 4. CONCLUSÕES

- Todas as condições de soldagem apresentaram dimensões de cordão adequadas para a aplicação, sendo que não houve tamanho insuficiente de cordão em nenhuma das condições estudadas.
- A microestrutura formada na ZTA da solda com 53 A se apresentou com menor dureza indicando uma menor fragilização para esta condição de soldagem.
- As microestruturas frágeis encontradas para as condições de soldagem com 40 A e 45 A podem reduzir a vida em fadiga das uniões podendo causar falhas prematuras.
- Houve uma redução nos valores de dureza na região do metal de solda para a condição com 53 A em comparação as condições de 40 e 45 A.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a empresa Vallourec pela doação dos tubos para a equipe Mas Baja Tchê, e a UPF pela estrutura dos laboratórios onde foram realizados os ensaios.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E384-17**: Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials. 17 ed. West Conshohocken, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E3-11**: Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens. West Conshohocken, 2017.

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep Prabhakar. **Ciência e engenharia dos materiais**. Cengage Learning, 2008.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **Materials science and engineering**. NY: John Wiley & Sons, 2011.

VILLANI, Paulo; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia**. Elsevier Brasil, 2016.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído e impresso neste artigo.

CONIGTI

# Engenharia Mecânica:

# Engenharia Térmica e de Escoamentos

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO SOBRE UM MODELO DE EDIFICAÇÃO ISOLADO E COM VIZINHANÇA

**Andressa Giacomel**
**Roberta Fátima Neumeister**
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
andressa.giacomel@hotmail.com / robertaneumeister@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O vento é um dos principais fenômenos que agem sobre uma estrutura, portanto estudar sua ação para saber como se define, como se comporta e quais os efeitos que causa é algo imprescindível para a integridade da mesma. Para ser realizado esse estudo, uma das possibilidades é a aplicação de modelos reduzidos em túnel de vento ou canal aerodinâmico, onde são obtidas as pressões atuantes na estrutura verificando seus pontos mais críticos. No presente trabalho, o estudo é realizado em um canal aerodinâmico com um modelo de edificação principal em escala reduzida, com dimensões de 112 mm de altura, 45 mm de largura e 109 mm de comprimento. Foram monitorados trinta e três pontos no total e obteve-se a distribuição de pressão nas superfícies do modelo. Após a avaliação individual da edificação, foram inseridos no canal mais sete modelos de edificações vizinhas para que fosse possível analisar o comportamento do mesmo edifício com a influência da vizinhança. A avaliação foi executada com escoamento 0° em relação à superfície frontal e o número de Reynolds é de* $9{,}8x10^4$*, aproximadamente 72,5 km/h. Como principais pontos discutidos, tem-se o coeficiente de pressão obtido em cada face da edificação, obtendo-se como resultado a diminuição do coeficiente de pressão sobre a edificação para o caso com vizinhança. Ao analisar os resultados percebe-se uma pequena variação nos coeficientes de pressão do modelo de edificação isolado recomendados em norma e os valores obtidos por meio experimental. Portanto, pode-se dizer que a análise experimental de esforços causados em modelos de edificações é uma forma complementar de estudo que auxiliará positivamente.*

***Palavras chave:*** *Escoamento externo, Edificações, Distribuição de pressão, Estruturas, Vizinhança.*

## 1. INTRODUÇÃO

São muitos os motivos para um estudo mais aprofundado sobre os efeitos causados pelo vento nas edificações. Com a demanda de novos materiais, projetos arquitetônicos inovadores e sistemas construtivos diferenciados, aumentam as exigências para uma precisão de quais carregamentos, relativos ao vento, agem sobre uma edificação, não só por tornar as edificações mais seguras, mas também por reduzir custos na construção da mesma.

O marco na construção de edifícios altos e modernos deu-se no final do século XIX no continente norte americano, onde, até então, a maioria dos edifícios possuía até 15 metros de altura. Além do desenvolvimento de novas técnicas construtivas e materiais utilizados, o que contribuiu para o crescimento desta nova era de estruturas altas e esbeltas foi o surgimento de elevadores e novas formas de estruturas. Com isso, um setor que ganhou destaque foi o da economia, aumentando seu capital imobiliário, sendo ele mais rentável, estabelecendo padrões na metodologia de dimensionamento e execução, e aumentando a eficiência nas construções, garantindo a boa prática da engenharia e atendendo aos requisitos do mercado consumidor. (WISE, 1971)

Com o aumento da altura dos edifícios, exigiu-se uma revisão nas considerações do cálculo estrutural devido à utilização de novos materiais, o que representa novos parâmetros de resistência e durabilidade, e aos carregamentos que deixam de ser predominantemente verticais e passam a ter grande influência das forças horizontais oriundas da ação do vento sobre as edificações.

Para isso, podem ser utilizados métodos experimentais em túnel de vento ou canal aerodinâmico com modelos de estruturas em escalas reduzidas, cujo foco é estudar o comportamento das estruturas e seu entorno durante o escoamento do vento natural, verificando a localização dos maiores esforços e garantindo uma maior estabilidade nos pontos mais críticos. Neste trabalho será utilizado o canal aerodinâmico para os testes experimentais que fornecerão os dados necessários de velocidade e pressão para saber como uma estrutura se comporta.

A norma que trata desse assunto é a ABNT NBR 6123: 2013, com o título “Forças devidas ao vento em edificações”. Ela tem como objetivo informar as condições mínimas consideráveis das forças devidas à ação do vento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

"A força do vento depende da diferença de pressão dos pontos entre os quais se desloca o ar" (MIRADOR, 1995, p. 11364). Conforme Barsa (1995) o calor e a umidade na atmosfera são influenciados diretamente pela circulação do ar, assim como a evaporação e a caracterização do clima. Diferentes tipos de vento podem ser obtidos dependendo da pressão e da temperatura como os ventos regulares ou constantes, os ventos periódicos, os ventos variáveis e os ventos locais.

Os ventos regulares ou constantes ocasionam os furacões ou ciclones tropicais, pois se originam de anticiclones. "Os ventos periódicos sopram ora numa direção, ora noutra, durante certo período de tempo." Os que resultam de anticiclones ou ciclones locais são os ventos locais onde são de grande importância na região em que se formam. E os ventos variáveis atingem as regiões temperadas, sofrendo perturbações devidas às frentes polares, sendo que resultam das áreas anticiclonais subtropicais e polares (BARSA, 1995, p. 361).

De acordo com a ABNT NBR 6123: 2013, a velocidade do vento sempre está variando, portanto seu valor médio pode ser calculado em qualquer intervalo de tempo. "[...] o intervalo mais curto das medidas usuais (3s) corresponde a rajadas cujas dimensões envolvem convenientemente obstáculos de até 20 m na direção do vento médio" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 8).

As ações do vento geram muitas consequências em uma determinada estrutura como também no meio ambiente. Especificamente para as estruturas, aumentam as necessidades de aprofundar estudos sobre sua estabilidade, em relação às diferentes velocidades que o vento pode atingir, diferentes formas externas e materiais utilizados, evitando assim possíveis problemas futuros.

Quando não são provocadas vibrações ou oscilações em uma estrutura, este fenômeno é definido como ação estática do vento. As análises realizadas em túneis de vento objetivam determinar dados relacionados aos coeficientes de pressão locais e aos coeficientes de força em corpos rígidos. "A análise dimensional, aplicada à avaliação da ação do vento usando modelos reduzidos indica que a igualdade do número de Reynolds (Re) garante a igualdade dos coeficientes adimensionais de pressão, força e momento" (LOREDO-SOUZA e WITTWER, 2014, p. 213).

### 2.1 Teoria da Camada Limite

A ciência da mecânica dos fluidos seguia dois caminhos distintos antes de Ludwig Prandtl (1904). A hidrodinâmica teórica que evoluiu das equações de Euler para o movimento de um fluido não viscoso, onde os resultados dessas equações eram muito diferentes dos experimentais realizados por engenheiros práticos, fazendo com que estes desenvolvessem a hidráulica, suas próprias artes empíricas. Com o surgimento do conceito de camada limite estabeleceu-se a união da teoria com a prática, o que marcou o início da era moderna da mecânica dos fluidos (FOX, PRITCHARD e MCDONALD, 2014).

Na camada limite, as forças viscosas e as forças de inércia são importantes, sendo o número de Reynolds determinante na caracterização dos escoamentos. Esse escoamento pode ser laminar ou turbulento, onde não há um valor de número de Reynolds que defina exatamente a transição de um tipo para o outro, porém é usual que para números de $Re > 100$ os escoamentos sejam controlados pelos efeitos de inércia e para $Re < 1$ os escoamentos sejam controlados pelos efeitos viscosos (MUNSON, YOUNG e OKIISHI, 2013). O que determina isto são diversos fatores como: gradiente de pressão, a rugosidade superficial, a transferência de calor, as forças de campo e as perturbações da corrente livre (FOX, PRITCHARD e MCDONALD, 2014).

## 3. METODOLOGIA

Neste trabalho foi adotado como procedimento técnico o método experimental. Pode-se classificar do ponto de vista de sua natureza como pesquisa aplicada, pois, busca a solução de problemas específicos e interesses locais.

### 3.1 Aparato experimental

Para que fosse possível a realização deste trabalho, foi necessária a utilização de alguns equipamentos disponíveis no Laboratório de Fenômenos de Transporte e Irrigação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II de Erechim/RS, os quais são descritos a seguir:

a) Canal aerodinâmico, cujo objetivo é simular para estudos o efeito do movimento do ar sobre ou ao redor de objetos sólidos, com dimensões de seção transversal de 282 mm de largura e 352 mm de altura. Ele conta com um inversor de frequência, que permite a variação da velocidade e possui um motor com potência de 3,7 kW atingindo uma velocidade máxima de 75 km/h;
b) Manômetro de pressão diferencial digital portátil Mark III série 475-00-FM;
c) Termômetro de mercúrio, para verificar a temperatura do ambiente no momento do experimento e logo após o término dele;

d) Tubo de Pitot. Instrumento usado para obter velocidade a partir da diferença de pressão medida através dos orifícios localizados na ponta do instrumento;

### 3.2 Modelo físico

O modelo reduzido do edifício principal utilizado é de madeira e possui dimensões externas de 112 mm de altura, 45 mm de largura e 109 mm de comprimento, conforme Fig. 1. Ele representa um edifício de 14 andares localizado numa superfície plana. Foi utilizado como referência o trabalho de conclusão de curso de Schweitzer (2017) que realizou um trabalho numérico sendo o modelo reduzido em uma escala de 1:350.

Foram executadas furações no modelo para permitir tomadas de pressão na parede. Para evitar problemas com a porosidade da madeira, foram utilizados tubos capilares para a realização da tomada de pressões. O tubo capilar possui diâmetro interno de 0,05 pol. (1,27 mm), onde foram acopladas mangueiras para a conexão nos manômetros.

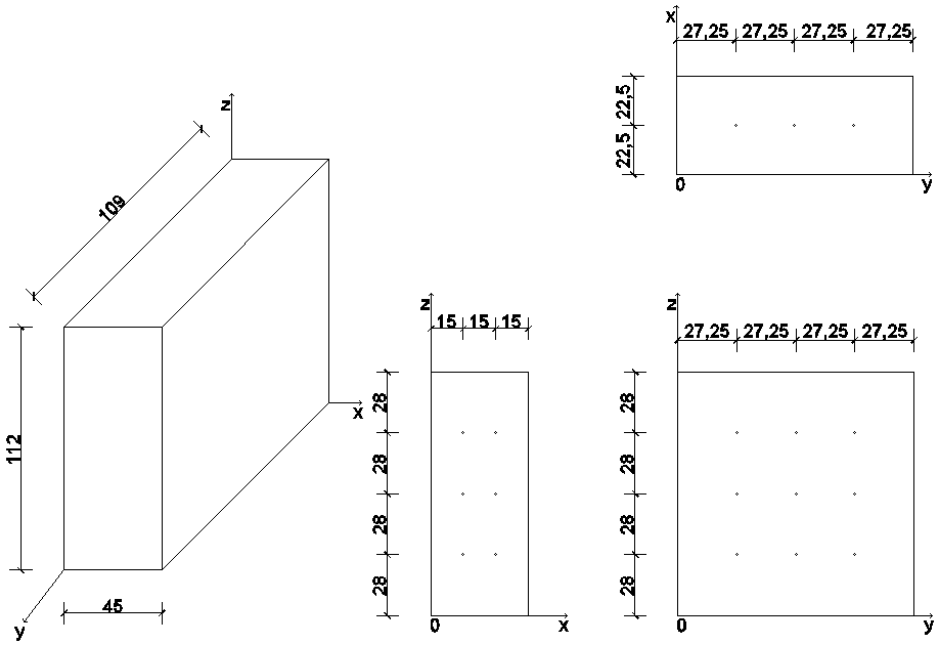



Figura 1. Modelo da edificação principal

Para a composição da vizinhança foram feitos mais sete edifícios. Dois deles localizados na parte frontal do edifício principal com as seguintes dimensões: 112 mm de altura, 72 mm de largura e 43 mm de comprimento; e, os outros cinco edifícios, um em cada lateral do edifício principal e três deles localizados atrás do mesmo, com as seguintes medidas: 112 mm de altura, 58 mm de largura e 109 mm de comprimento. Verifica-se na Fig. 2 a distribuição dos edifícios.

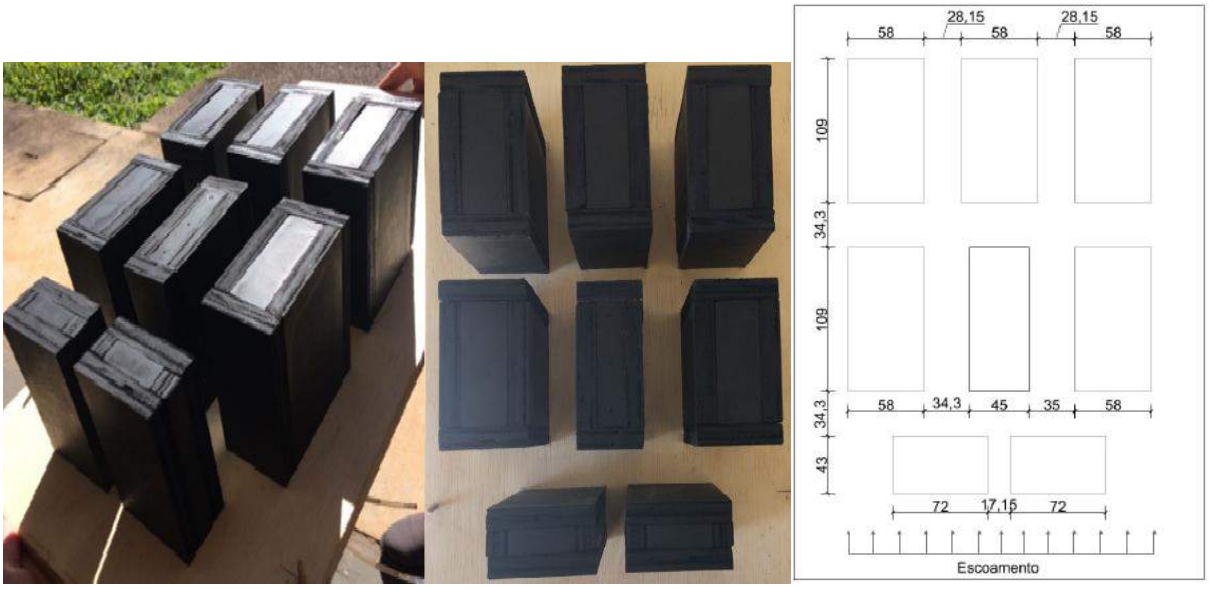



Figura 2. Distribuição dos edifícios vizinhos

### 3.3 Procedimento experimental

O experimento que foi realizado no canal aerodinâmico seguiu a seguinte sequência:

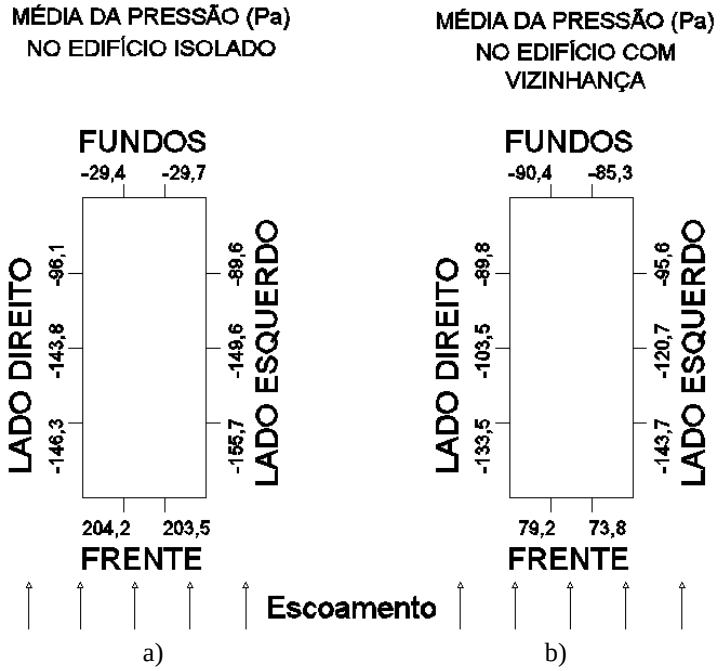
a) Realizou-se a furação e a identificação de todos os trinta e três pontos utilizados para a medição de pressão no modelo de edificação reduzido;
b) Em seguida foi executada a fixação do modelo no canal aerodinâmico, para que ele ficasse impossibilitado de qualquer movimento;
c) Verificou-se a temperatura do ambiente no início do procedimento para posterior verificação da massa específica do ar;
d) A velocidade do escoamento foi obtida através da medição de pressão utilizando o tubo de Pitot e com o auxílio do manômetro digital;
e) Foram obtidos dados de pressão para a velocidade máxima do escoamento gerado pelo canal aerodinâmico;
f) A verificação da temperatura ocorreu também no final do procedimento para a análise da massa específica do ar, realizando uma média aritmética com os resultados das duas temperaturas;
g) Compilação dos resultados e análise dos mesmos, incluindo análise de incerteza das medições.

## 4. RESULTADOS

Neste item serão apresentados alguns dos resultados encontrados. Após a identificação de todos os pontos do modelo e a devida fixação no canal aerodinâmico, verificou-se a temperatura ambiente, 13°C. Posteriormente, foram realizados os cálculos da velocidade no escoamento utilizando o tubo de Pitot e o manômetro digital. Obteve-se velocidade de 20,1 m/s, ou seja, aproximadamente 72,5 km/h e gera um Re de $9{,}8 \times 10^4$ e uma variação de pressão dinâmica de aproximadamente 250,6 Pa, com uma margem de erro de 10% a 15%. As medições foram executadas duas vezes para ter maior confiança nos resultados.

Foram coletados quatro dados para a velocidade informada e realizada uma média para utilizar nos cálculos. Para o cálculo da variação de pressão foram utilizados os seguintes dados: para a massa específica da água foi utilizado o valor de 1000 kg/m³, para a gravidade o valor de 9,81 m/s² e para a altura foram utilizados os valores obtidos através da média das velocidades. Para o cálculo da velocidade foi utilizada a massa específica do ar de 1,24 kg/m³ e a variação de pressão dinâmica de 250,6 Pa. Dados de massa específica foram obtidos em Fox, Pritchard e McDonald (2011).

Na Fig. 3 pode ser verificada a média da pressão, em Pascal, para cada ponto. No edifício isolado, Fig. 3 (a), verifica-se a maior pressão nos pontos da região frontal e a menor pressão nos pontos laterais do edifício. Na Fig. 3 (b), onde se tem o edifício com a vizinhança, observa-se o mesmo comportamento, porém os valores de pressão no fundo são menores, comparados com o edifício isolado, se equivalendo com os valores médios de pressão obtidos nos pontos laterais da região mais próxima aos fundos do edifício.




a) b)

Figura 3. Pressão média nos pontos (a) no edifício isolado (b) no edifício com a influência da vizinhança

Para a representação dos resultados, os valores obtidos de pressão foram convertidos em coeficientes de pressão.

### 4.1 Coeficiente de pressão do vento em uma edificação retangular segundo a ABNT NBR 6123: 2013

Acompanhando o cálculo proposto pela Norma 6123: 2013, adquirem-se os valores de coeficientes de pressão externos para a edificação no formato retangular para a direção de vento de 0°, ou seja, sua direção perpendicular à face de menor dimensão. Estas informações são apresentadas na Fig. 4 (a). Na Fig. 4 (b), pode-se acompanhar como ficou o coeficiente de pressão para a edificação analisada experimentalmente. Como foram analisados pontos específicos, foi realizada uma média dos coeficientes de pressão adquiridos nos pontos, por isso não foi possível ter uma análise exata como na NBR. Vale ressaltar que estes coeficientes de pressão são fornecidos para se basear em edifícios calculados isoladamente.

Os resultados obtidos experimentalmente ficaram semelhantes aos apresentados em norma, com exceção da região dos fundos do edifício onde houve uma maior discrepância. O equipamento utilizado para a obtenção dos resultados na norma não é exatamente o mesmo utilizado no presente trabalho, portanto tem-se o erro do equipamento, o tamanho da seção de teste e a influência da posição dos prédios posteriores, podendo ocorrer variação do resultado final. A diferença obtida na região dos fundos foi de aproximadamente 300%, aumentando experimentalmente o coeficiente de pressão e consequentemente diminuindo os esforços causados na estrutura.

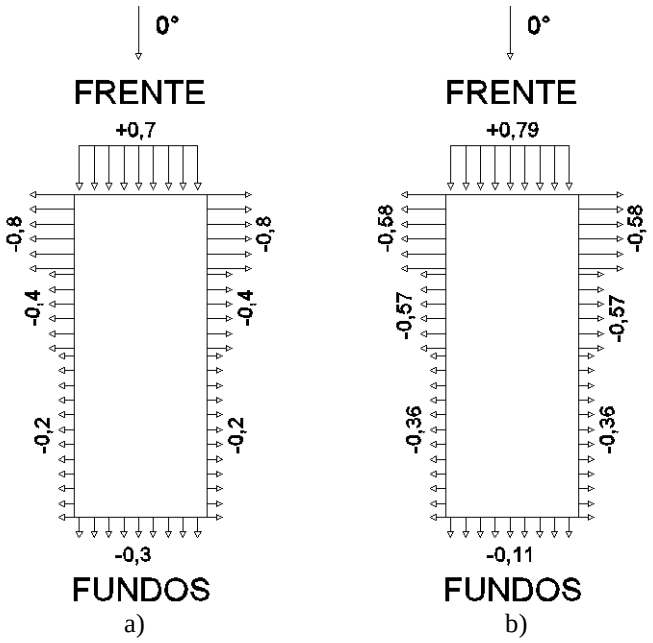



Figura 4. Coeficientes de pressão (a) segundo a ABNT NBR 6123: 2013 (b) presente análise experimental

### 4.2 Análise de incertezas

Todo estudo realizado com o auxílio de algum tipo de equipamento gera um erro associado de medição. Neste caso, o equipamento que nos causa essa interferência é o Manômetro Digital utilizado para adquirir todos os resultados obtidos. Como este equipamento é indispensável para a realização do trabalho, calcula-se o erro que a ele está associado.

Primeiramente encontra-se em suas informações de fabricante a porcentagem indicada de erro, conforme a temperatura do momento das medições. O modelo de manômetro digital, como já informado, é o 475-00-FM. O erro sistemático, para este caso, ficou em 1,5% do fundo de escala (pressão máxima do equipamento), ou seja, fundo de escala de 996 Pa, adquirindo como resultado de erro sistemático o valor de 14,9 Pa.

Em seguida adquire-se o erro aleatório para cada ponto em questão, utilizando como valor de confiança de 95%. Por fim, calcula-se o erro total para cada ponto de medição da edificação.

Para o edifício analisado individualmente, adquiriu-se uma média de erro total, desconsiderando os pontos mais discrepantes, de 10% a 15%. E para o edifício analisado com a influência da vizinhança, a média de erro total ficou entre 13% e 18%.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi proposto o estudo do comportamento de um edifício analisado individualmente e com a presença da vizinhança, sob a pressão do escoamento. O escoamento em questão foi o vento, direcionado na edificação numa direção de 0°. Em relação aos objetivos propostos, todos foram atendidos. A avaliação da pressão e da velocidade foi

realizada tanto para o edifício individual como para o edifício com a vizinhança e podem-se perceber os resultados para os dois casos.

Os coeficientes de pressão obtidos nas faces da edificação obtiveram os resultados esperados, tanto para o edifício analisado individualmente como para o edifício analisado com a presença da vizinhança. Obtiveram maiores coeficientes de pressão na região frontal da edificação e os menores coeficientes de pressão nas laterais, fundos e em cima da edificação.

Ao fazer a comparação do experimento com a ABNT NBR 6123: 2013 percebe-se que os valores não ficam muito distantes. Alguns coeficientes de pressão diminuem do que é recomendado pela norma, como o coeficiente de pressão da região dos fundos do edifício, e a região lateral, que fica localizada mais próxima do fundo; e, outros aumentam levemente, como é o caso da região frontal da edificação. De um modo geral, o recomendado pela norma para valores de sobrepressão é de +0,70, onde experimentalmente foi adquirido +0,79 e para valores de sucção, a norma recomenda -0,8 e experimentalmente adquiriu-se o valor de -0,58.

No presente trabalho, destaca-se a importância do estudo do comportamento do vento nas edificações e as principais ações que agem sobre a mesma. Com os resultados obtidos, conclui-se que as edificações sofrem diferentes variações de pressão ao longo de sua estrutura, reforçando a necessidade de estudá-las para seu dimensionamento.

Estes estudos são raramente realizados em edificações comuns. São selecionados, portanto, modelos de estruturas mais críticas, com formas mais variadas e mais esbeltas, necessitando de mais cuidado para a construção. Isso se deve ao fato da necessidade de recursos financeiros que não estão previstos em projeto e o tempo que demandam para realizá-los.

No estudo realizado podem-se notar pequenas diferenças nos resultados de coeficiente de pressão entre o lado esquerdo e direito da edificação, ocasionado provavelmente por um pequeno desalinhamento na colocação dos prédios vizinhos. Como é experimental, estes erros são comuns de acontecer, pois milímetros podem diferenciar nas medições, já que se trabalhou com modelos reduzidos.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 2013.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA CONSULTORIA EDITATORIAL LTDA. **BARSA.** São Paulo, 1995.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL PUBLICAÇÕES LTDA. **MIRADOR.** São Paulo, 1995.

FOX, Robert W.; PRITCHARD, Philip J.; MCDONALD, Alan T. **Introdução à Mecânica dos fluidos.** 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

LOREDO-SOUZA, Acir M.; WITTWER, Ádrian R.. **Avaliação em túnel de vento das ações e efeitos do vento sobre edificações, pessoas e o meio ambiente.** Cap. 5 (207-250). IX Escola de Primavera de Transição e Turbulência, 2014.

MUNSON, Bruce R.; YOUNG, Donald F.; OKIISHI, Theodore H. **Fundamentos da Mecânica dos fluidos.** São Paulo: Blucher, 2013.

SCHWEITZER, Lucas M. **Análise da viabilidade de implementação de painéis termoisolantes em edificações de múltiplos pavimentos em função da ação do vento.** 2017. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)– Departamento de Engenharias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2017.

WISE, A. F. E. **Effects due to group of buildings.** 1971, p. 469-485, v. 269. Philosophical Transactions of the Royal Society, Grã-Bretanha, 1971.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis do material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO ANALÍTICO DE UM VENTILADOR CENTRÍFUGO E CONFECÇÃO DE UMA BANCADA EXPERIMENTAL

**Carlos Alberto da Maia**[1]
**Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza**[2]
carlosalbertodamaia@gmail.com[1] marco@uricer.edu.br[2]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000

***Resumo:*** *O presente trabalho apresenta uma análise analítica do equacionamento que modela o escoamento em um ventilador centrífugo, usando como critério condições ambientais, geográficas e parâmetros para alimentar uma fornalha industrial de 0,14 Gcal, com ar atmosférico. Para abordagem da análise do ventilador centrífugo, foi considerado uma região do espaço conforme o fluido escoa através dela, escolhendo um volume de controle fixo, e para caracterizar seu desempenho, foi usado parâmetros adimensionais. Com base em recomendações de diferentes literaturas foi possível determinar parâmetros geométricos como número de pás, tipo de rotor, distribuidor, boca de saída, entre outros, para melhor aprimoramento do ventilador centrífugo. Foi deduzido o princípio da quantidade de movimento angular e simplificado as equações para uma análise de turbomáquinas. Utilizado um volume de controle fixo foi representada a equação de Euler das tubomáquinas e através do diagrama de velocidades foi possível dimensionar o rotor do ventilador centrífugo. Para verificação dos dados de entrada do equacionamento, através dos resultados obtidos analiticamente, foi modelado um ventilador centrífugo em um software CAD, e fabricado em tamanho real. Também foi confeccionada uma bancada experimental em laboratório com dimensões e componentes prescritos pela norma ANSI/AMCA 210-07, onde pretende-se medir as grandezas do ventilador e traçar as curvas características. O ventilador centrífugo dimensionado e fabricado, é classificado como de baixa pressão, por apresentar pressão diferencial de 50 mm$H_2O$, possui rotor com diâmetro de 185,40 mm do tipo pás curvadas para trás com 35° de inclinação, velocidade de saída 12,31 m/s, vazão de 0,14 m³/s e motor de 2 polos com 0,16 hp.*

*Palavras Chave: Ventilador Centrífugo, turbomáquinas, equação de Euler das tubomáquinas, diagrama de velocidades, bancada experimental.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em um ventilador centrífugo o ar entra de forma axial e saí de forma radial. Aplicam-se nas mais variadas áreas, como em sistemas de refrigeração, conforto térmico, remoção de pó, alimentação de fornalhas industriais, entre outras. O mercado mundial de ventiladores tem capitalizado o rápido crescimento em todos os setores, e é testemunho de perspectivas lucrativas em todo o mundo, devido ao crescente investimento no desenvolvimento de infraestrutura residencial, comercial e industrial. A crescente conscientização das pessoas sobre a qualidade do ar, avanço técnico em ventiladores e regulamentações governamentais sobre a implantação de ventiladores no setor industrial, significa aumentar sua popularidade, e por consequência, inovações de produtos moldarão o futuro do mercado mundial de ventiladores. A crescente ênfase na sustentabilidade e a obtenção de maior eficiência induziram os fabricantes a investir fortemente em seus setores de engenharia para desenvolver ventiladores centrífugos mais econômicos que possam otimizar o processamento geral e isso levou ao desenvolvimento de ventiladores centrífugos que oferecem alta eficiência, fluxo máximo e também resulta em um fornecimento de ar contínuo, confiável e eficiente em termos de energia. Devido à rápida urbanização, a crescente construção de espaços comerciais, residenciais e industriais, um aumento constante na demanda de ventiladores centrífugos pode ser observado em todo o mundo. De acordo com Transparency Market Research (2016), no ano de 2015, o mercado global de ventiladores, situou-se em US $ 1,6 bilhão, e estimasse que até o final do ano 2023, deverá chegar em US $ 2,4 bilhões. Segundo Mordor Intelligence (2017), em 2016 o número de ventiladores centrífugos estava em torno de 1.250.000 unidades, e estimam-se que o mercado mundial de ventiladores centrífugos terá crescimento com taxa de 5,09% ao ano, chegando em torno de 1.602.000 unidades em 2021.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Diversas são as formas de se dimensionar um ventilador centrífugo. O engenheiro precisa ter uma boa noção de grandeza para saber qual a melhor forma de projetar um, pois qualquer variação nas dimensões ou geometria da caixa do ventilador, rotor, número de pás, etc., poderá mudar significamente os resultados esperados. Costa (2005) estabeleceu parâmetros de cálculos que permitem determinar as características de funcionamento dos ventiladores centrífugos, aplicando a primeira lei da termodinâmica ao escoamento. Costa (1978) e Macintyre (2008), apresentam a definição e

modelos de ventiladores centrífugos e trazem exemplos de dimensionamentos dos mesmos. Fox et al (2013) se baseiam na equação da quantidade de movimento angular para um volume de controle e utiliza a equação de Euler para dimensionamento das turbomáquinas. Macintyre (2008) recomenda ensaios de laboratório que permitam, estatisticamente, exprimir a variação de considerações teóricas com condições reais em ventiladores centrífugos, para que com os valores obtidos nos ensaios, possam ser traçados curvas característica desses ventiladores centrífugos. Fox et al. (2013) comentam que dados de fabricantes são exemplos de informações de desempenho medido e aconselha medir o desempenho global de ventiladores centrífugos em uma bancada de testes adequada.

Oliveira et al. (2002) avaliaram o número de pás de um rotor seguindo o critério de Richardson, que se trata de um parâmetro adimensional capaz de determinar o número ótimo de pás de rotores de ventiladores centrífugos. Quando comparado aos ensaios experimentais o critério de Richardson demostrou ser muito eficiente, pois está perfeitamente dentro dos valores medidos em laboratórios, que foram adequados para rendimento máximo.

Sharma e Ka-ranth (2009) analisaram numericamente o aprimoramento de um ventilador centrífugo existente, contendo 13 pás diretrizes com 13 pás no rotor. Utilizaram quatro geometrias diferentes, modelaram as mesmas, e obtiveram resultados satisfatório. Para o sistema de coordenadas polares utilizaram as equações de Navier Stokes que foram resolvidas pela técnica de CFD (computational fluid dynamics). Em uma configuração, colocaram aletas divisórias entre as pás da saída do rotor. Para outra, colocaram aletas divisórias na saída do rotor a 25% do lado da sucção. A terceira configuração, consiste em aletas divisórias no bordo de ataque das pás diretrizes. A quarta configuração, possui aletas divisórias no bordo de fuga das pás diretrizes. Comparado ao ventilador centrífugo experimental, o aprimoramento de configuração que apresentou melhor desempenho foi a quarta configuração.

Chunxi et al. (2011) mostraram em um estudo numérico e experimental, o desempenho de um ventilador centrífugo com variação no diâmetro do rotor, sem alterar a geometria do difusor. Em seus estudos, comprovaram que quando o ventilador centrífugo funcionava com rotores maiores, a pressão total e o ruído aumentaram, enquanto que a eficiência diminuiu.

Dei Mei (2012) estudou os efeitos da concentração de partículas em um ventilador centrífugo, e através de simulação numérica pode identificar a localização da erosão em um ventilador centrífugo, mostrando que ela tem relação com diâmetros das partículas.

Kothe et al. (2016) mostraram através de uma forma experimental e numérica, a otimização de um ventilador centrífugo, obtendo resultados satisfatórios. Alterando o número pás, de 16 para 13, modificando do perfil das pás para formato aerodinâmico. Além disso, modificaram as curvaturas das pás que eram para frente, para trás. Para a geometria do difusor, modificaram a saída da caixa que era retangular, de forma que a aresta mais próxima do centro fosse tangencial a saída do rotor. Para os resultados numéricos, com os dois ventiladores operando nas mesmas condições, o modelo otimizado representou uma vazão 67,8% maior, e 33,6% de queda de torque na região das pás. Através da simulação, foi possível identificar recirculações e vórtices, que são responsáveis pelo alto ruído e mau funcionamento dos ventiladores centrífugos. Para resultados experimentais, o ventilador otimizado representou um aumento de 74,65% de vazão, e uma queda de corrente, de 16 A para 11 A, resultando queda no consumo de energia.

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 Ventilador Centrífugo

É um tipo de ventilador no qual o ar entra axial e saí de radial do ventilador. Pode ser citado como compressor centrífugo ou sopradores. O que difere ambos é a diferença de pressão. De acordo com Macintyre (2008) o ventilador é estudado como uma máquina de fluido incompressível, já que o grau de compressão que nele se verifica é muito pequeno. Para Fox et al. (2013), ventiladores com pás curvadas para trás são os mais indicados para instalações com elevada demanda de potência. Ventiladores de pás curvada para frente é perfeito quando um baixo custo inicial de instalação e um tamanho reduzido são importantes. As pás curvadas para frente requerem menores velocidades nas suas extremidades e pás inclinadas para trás com perfil aerofólio, possuem elevado rendimento e nível de ruído muito baixo.

O rotor de um ventilador centrífugo é constituído de uma série de canais fixos entre si que giram em torno de um eixo. Ao entrar no rotor, a velocidade absoluta do fluido é a resultante das velocidades tangencial e relativa, que se verificam ao longo dos canais rotativos (COSTA, 1978). A fim de diminuir a variação de velocidade relativa ao longo do rotor, a largura de entrada do rotor é geralmente maior e, menor na saída. Um rotor desbalanceado pode causar a diminuição da vida útil de um ventilador centrífugo. A norma ISO 1940 é um manual de boas práticas para balanceamento de rotores. Costa (1978) recomenda que a distância entre pás deve ser sempre inferior à altura da coroa. Para definir o numero de pás, é comumente usado em indústria as formulas clássicas, empíricas, como o critério de Sigloch (1984), Eck (1973) e Pfleiderer (1960), que apresentam resultados bastante satisfatório.

## 4. FORMULAÇÃO GERAL

O método de análise usado para turbomáquinas é escolhido de acordo com a informação desejada. Fox et al. (2013) explicam que existem duas abordagens para a análise, a abordagem Lagrangeano e a Euleriana. Para o presente trabalho utilizou-se a abordagem de volume de controle (Euleriana), que avalia uma região do espaço conforme o fluido escoa através dela. Como vantagem, essa abordagem possui uma grande quantidade de aplicações práticas, tornando-a o mé-

todo mais escolhido. A desvantagem é que é necessário trabalhar matematicamente para converter as leis físicas de sua formulação para sistema, para a formulação de volume de controle, porque as leis da física aplicam-se à matéria, e não diretamente à região do espaço.

### 4.1 O Princípio da quantidade de movimento angular

O princípio da quantidade de movimento angular, para um sistema, é dado em termos de taxa por

$$\left.\frac{d\vec{H}}{dt}\right)_{sistema} = \vec{T}, \tag{1}$$

a quantidade de movimento angular do sistema dado em *kg.m²/s* como

$$\vec{H} = \int_{M(sistema)} \vec{r} \times \vec{V} dm = \int_{\forall(sistema)} \vec{r} \times \vec{V} \rho \, d\forall \cdot \tag{2}$$

O torque total $\vec{T}$, aplicado a um sistema leva em conta os torques causados por forças de superfície, de campo e de eixo, e pode ser escrito de forma que,

$$\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F}_s + \int_{M(sistema)} \vec{r} \times \vec{g} dm + \vec{T}_{eixo} \cdot \tag{3}$$

A relação geral entre as formulações de sistema e de volume de controle estacionário é dado por

$$\left.\frac{dN_s}{dt}\right)_{sistema} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{VC} \eta_s \rho d\forall + \int_{SC} \eta \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}, \tag{4}$$

onde $\eta$ representa as propriedades intensivas do sistema e $N_s$ as propriedades extensivas do sistema de forma que

$$\vec{r} \times \vec{F}_s + \int_{M(sistema)} \vec{r} \times \vec{g} dm + \vec{T}_{eixo} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{VC} \vec{r} \times \vec{V} \rho d\forall + \int_{SC} \vec{r} \times \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \cdot \tag{5}$$

Como o sistema e o volume de controle coincidem no instante $t_0$, $\vec{T} = \vec{T}_{VC}$, a formulação geral do princípio da quantidade de movimento angular para um volume de controle inercial é dada por

$$\vec{r} \times \vec{F}_s + \int_{VC} \vec{r} \times \vec{g} d\forall + \vec{T}_{eixo} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{VC} \vec{r} \times \vec{V} \rho d\forall + \int_{SC} \vec{r} \times \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}, \tag{6}$$

que estabelece, que o momento das forças superficiais e das forças de campo, mais o torque aplicado, levam a uma variação da quantidade de movimento angular do escoamento. As forças superficiais são devidas ao atrito e à pressão, a força de campo é devida à gravidade, a variação na quantidade de movimento angular pode aparecer como variação na quantidade de movimento angular no interior do volume de controle, ou como fluxo de quantidade de movimento angular através da superfície de controle (FOX et al., 2013).

### 4.2 Equação de Euler para turbomáquinas

Escolhendo um volume de controle fixo englobando o rotor, a fim de avaliar o torque de eixo. Considerando volumes de controle para os quais são esperados grandes torques de eixo, os torques decorrentes de forças de superfícies podem ser ignorados. Como o rotor gira em seu eixo, a força de campo gravitacional é simétrica, portanto, pode ser desprezada. Então, da equação (6), para escoamento permanente,

$$\vec{T}_{eixo} = \int_{SC} \vec{r} \times \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}. \tag{7}$$

Aplicando um volume de controle fixo que inclui o rotor da turbomáquina, o fluido entra no rotor na localização radial, com velocidade absoluta uniforme, e sai do rotor na localização radial, com velocidade uniforme absoluta. O vetor posição $\vec{r}$ é puramente radial, de modo que apenas a componente da velocidade tangencial conta.

$$\vec{T}_{eixo} = \int_{SC1} \vec{r}_1 \times \vec{V}_{t1} \rho \vec{V}_1 \cdot d\vec{A}_1 + \int_{SC2} \vec{r}_2 \times \vec{V}_{t2} \rho \vec{V}_2 \cdot d\vec{A}_2 \cdot \tag{8}$$

A equação (8) pode ser escrita na forma escalar, para aplicação de máquinas de fluxo. Para escoamento uniforme

$$T_{eixo}\hat{k} = (r_2 V_{t2} - r_1 V_{t1})\dot{m}\hat{k} \cdot \tag{9}$$

Resolvendo o produto escalar

$$T_{eixo} = (r_2 V_{t2} - r_1 V_{t1})\dot{m} \cdot \tag{10}$$

A taxa de trabalho realizada sobre um rotor de uma turbomáquina é dado por

$$\dot{W}_m = \omega T_{eixo} = \omega (r_2 V_{t2} - r_1 V_{t1})\dot{m}, \tag{11}$$

a carga teórica adicionada ao escoamento, como

$$H_e = \frac{\dot{W}_m}{\dot{m}g} = \frac{1}{g}(U_2 V_{t2} - U_1 V_{t1}) \cdot \tag{12}$$

### 4.3 Diagrama de velocidades

Nos ventiladores, como em todas as turbomáquinas, uma partícula de fluido em contato com a pá do rotor, não tem a mesma trajetória que a do ponto do rotor com a qual a cada instante se encontra em contato.

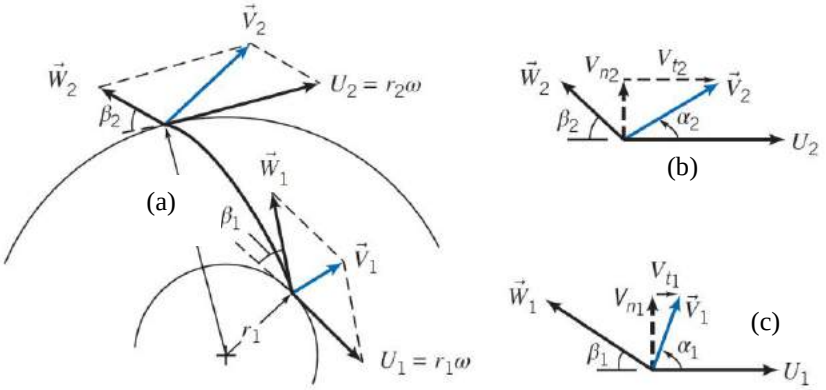



**Figura 1. Notação para desenvolver diagramas de velocidades. (a) Escoamento no rotor; (b) Escoamento na saída do rotor; (c) Escoamento na estrada do rotor. Fonte: Fox et al 2013**

Para resolver a equação de Euler para as turbomáquinas, é necessário conhecer as componentes de velocidade do fluido e do rotor nas seções de entrada e de saída. Para isso é preciso desenvolver diagramas de velocidades como o da Figura 1, para os escoamentos de entrada e saída. Analisando o diagrama de velocidades da Figura 1, e com base em trigonometria, é possível retirar a formulação matemática para cada componente de velocidade.

## 5. METODOLOGIA

Para os cálculos analíticos, partiu-se de condições ambientais, geográficas e parâmetros para alimentar a fornalha com ar atmosférico. Antes do início do dimensionamento, foi necessário calcular as grandezas específicas que irão caracterizar o ambiente de trabalho do ventilador centrífugo, como vazão, massa especifica, temperatura, altitude, pressão diferencial, etc. Com os parâmetros inicias estabelecidos e as grandezas já calculados, iniciou-se o processo de dimensionamento conforme a formulação geral. Para o número de pás do rotor, foi considerado o critério de Eck (1973), inspirado no artigo de Oliveira et al. (2002), onde utilizaram em sua análise experimental o mesmo método, e chegaram à resultados de alta eficiência. O difusor foi dimensionado seguindo os paramentos de Costa (1978) e aprimorado conforme Kothe et al. (2016), onde alteraram a geometria do difusor, modificando de forma que a aresta mais próxima do centro fosse tangencial a saída do rotor, obtendo melhores resultados.

Para facilitar a interatividade dos cálculos foi utilizado um software de matemática simbólico numérico em linguagem C++, de forma que o programa interage com o usuário, mostrando instruções para o uso, onde o usuário irá preencher janelas dinâmicas que irão aparecendo conforme for sendo preenchidas.

O modelamento 3D e verificação de interferências foi feito por *software* CAD. A tampa de entrada e o distribuidor foram fabricados pelo processo de impressão 3D, onde o distribuidor foi projetado de forma a assegurar a entrada do ar puramente radial à entrada do rotor. Os demais componentes foram fabricados em aço carbono pelo processo de corte a laser CNC e unido por solda pelo processo GMAW. Para usinar o furo central do rotor com tolerância H7, foi feito interpolação por fresadora CNC. O encaixe da chaveta foi feito pelo processo de eletroerosão seguindo a norma DIN 6885. O balanceamento do rotor foi feito nos parâmetros estabelecidos pela norma ISO 1940. O expansor foi fabricado segundo a norma ANSI/AMCA 210-07.

Para a confecção da bancada experimental, foi adotado a norma ANSI/AMCA 210-07, que é constituído de um tubo reto, de uma válvula cônica, de um homogeneizador de fluxo, de um expansor, de um tubo de Pitot-Prandtl e do ventilador centrífugo. Para a obtenção de bons resultados, foi respeitado as dimensões exigidas pela norma, tendo como resultado para aplicação na bancada de testes as dimensões em milímetros da Figura 2.

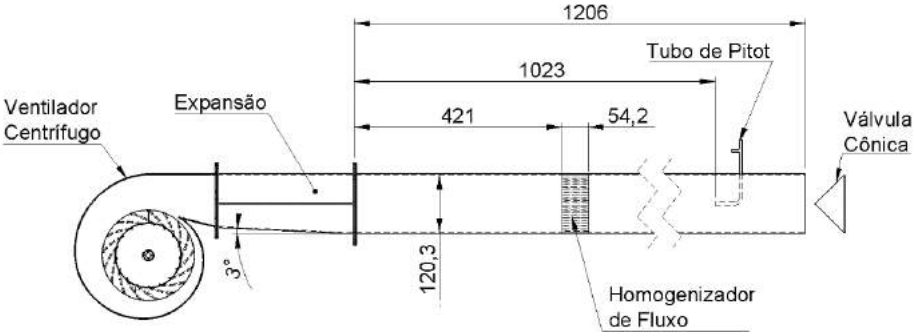



**Figura 2. Medidas reais para bancada de testes.**

Um micromanômtro digital foi acoplado no tubo de Pitot-Prandtl com a função de indicar as pressões. Um alicate amperímetro foi utilizado para medir a corrente do motor em função da vazão.

## 6. RESULTADOS

No presente trabalho foi dimensionado um ventilador centrífugo de forma analítica, sob condições ambientais, geográficas e parâmetros para alimentar uma fornalha industrial de 0,14 Gcal, com ar atmosférico.

Avaliou-se o equacionamento que modela o escoamento no ventilador centrífugo, e através de dados disponíveis na literatura, foram averiguados e comparados os diferentes métodos de se desenvolver um ventilador centrífugo, conforme a recomendação de cada autor. Foi elaborado um código de linguagem interativa de programação para a obtenção de todas as dimensões geométricas do ventilador centrífugo e da bancada, bem como a potência, a velocidade de rotação do motor, e as demais informações de cálculos. A Figura 3 mostra o ventilador centrífugo construído.

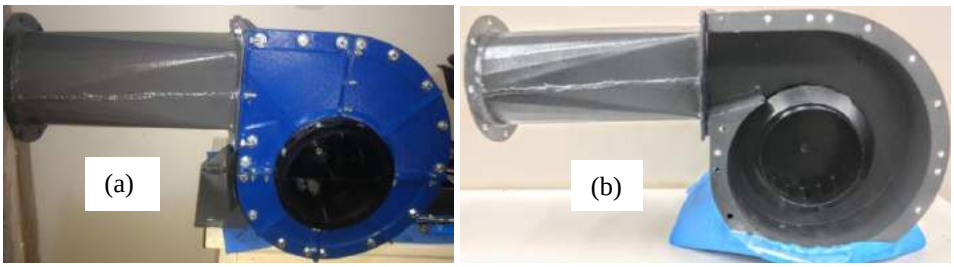



**Figura 3. Ventilador centrífugo fabricado. (a) com tampa e difusor; (b) sem tampa e difusor.**

O motor foi instalado em um inversor de frequência, e para garantir a real rotação do motor foi usado um tacômetro, e o valor de rotação do motor se manteve em 3600 rpm. Uma análise de ruído foi feita utilizando um decibelímetro a um metro de distância do motor, e o resultado foi de 70,5 dB.

Foi construído uma bancada experimental de acordo com os parâmetros indicados pela norma ANSI/AMCA 210-07. A bancada se encontra no laboratório de fenômenos de transporte da universidade URI campus 2 da cidade de Erechim – RS, está finalizada e pronta para fazer o ensaio de medição das pressões, da corrente e potência do motor, e traçar as curvas características. A Figura 4 mostra a bancada finalizada e indica o local da instrumentação.

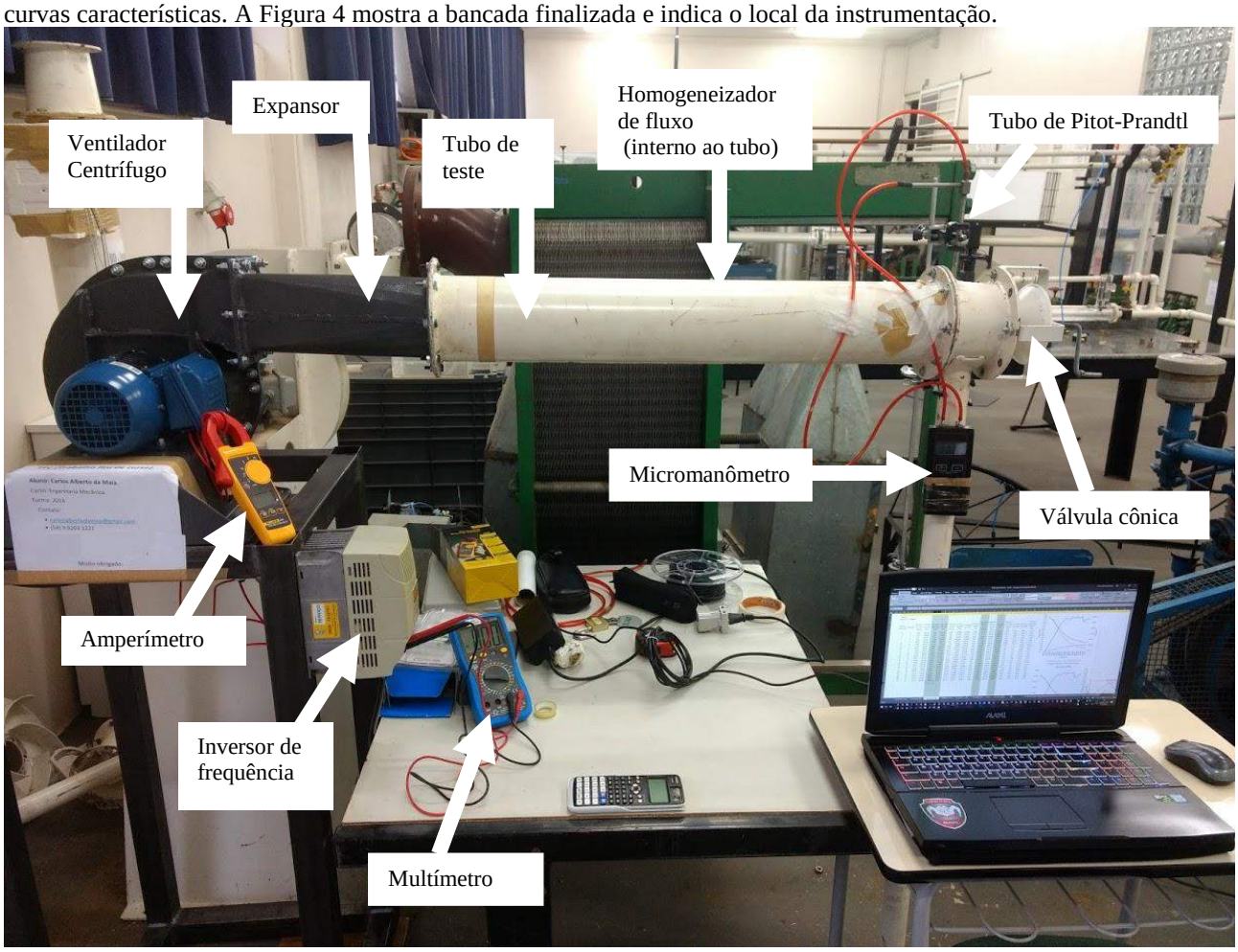



**Figura 4. Bancada experimental instrumentada conforme norma ANSI/AMCA 210-07.**

Como resultado, ficou evidente que a metodologia utilizada, é eficaz para se dimensionar, projetar e fabricar um ventilador centrífugo e montar uma bancada experimental instrumentada para medi-lo.

## 7. CONCLUSÕES

Através da metodologia organizada neste trabalho, foi possível dimensionar, projetar e fabricar um ventilador centrífugo para determinada aplicação. Foi possível também o desenvolvimento e conclusão de uma bancada experimental instrumentada. Constatou-se que o equacionamento apresentado, foi satisfatório para se projetar e fabricar um ventilador centrífugo bem como a construção de uma bancada experimental.

O ventilador centrífugo dimensionado e fabricado, é classificado como baixa pressão, por apresentar pressão diferencial de 50 $mmH_2O$.

A partir deste trabalho foi possível determinar a velocidade de saída que é 12,31 m/s, a vazão mássica 015 kg/s, o diâmetro do rotor 185,4 mm, a boca de entrada e saída com 136,81 mm e 120,34 mm respectivamente, largura das pás de 26,71 mm na entrada e 37,39 mm na saída, ângulo de saída de 35° e de entrada 24,89°, número de pás igual a 17, motor 2 polos com 0,16 hp, entre outros valores para o construção do ventilador centrífugo e também a bancada experimental.

Quando correlacionados com catálogos de fabricantes de ventiladores centrífugos, os resultados analíticos encontrados neste trabalho, tiveram boa concordância, pois estão dentro da mesma faixa de operação em função da geometria.

## 8. REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. D. J.; Fundamentals of Aerodynamics. 5ª ed. New York – NY, 2011.
ANSI/AMCA. Laboratory Methods of Testing. 2010.
Chunxi L; Ling, S. W e Yakui, J. The performance of a centrifugal fan with enlarged impeller. Jornal Energy Conversion and Management. China. 2011.
COSTA. Compressores. São Paulo. Edgard Bluecher. 1978.
COSTA. Ventilação. São Paulo. Edgard Bluecher. 2005.
DEI MEI. Numerical Simulation about the Effect Rules of Particles Concentration. on Erosion of the Centrifugal Fan. Advanced Materials Research. Switzerland. 2012.
ECK, B. Fans Design and Operation of Centrifugal, Axial-Flow, and Cross-Flow Fans. Oxford Pergamon Press. New York, USA. 1973.
FOX, Robert, W.; MCDONALD, Alan T.; PHILIP, J. Pritchard. Introdução à Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro. Gen. Sétima edição. 2013.
ISO 1940. Mechanical vibration: Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state. Segunda edição. 2003.
KOTHE, B. L.; LUZ, R. L. J.; VECINA, J. D. T. Projeto de otimização de um ventilador cen-trífugo através da dinâmica dos fluidos computacional (CFD). Revista Técnico-Cientifica do CREA-PR. PR. 2016.
MACINTYRE. Ventilação Industrial e Controle da Poluição. Rio de Janeiro. Gen. 2008.
MORDOR INTELLIGENCE. Global Centrifugal Fans Market (2017 – 2022). Bengaluru, Índia. 2017.
Oliveira, W.; FILHO, M. N.; FERNANDES, C. E. Um Critério Baseado nas Características Locais do Escoamento para a Determinação do Número Ótimo de Pás de Rotores de Turbo-máquinas. Ix Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas. Caxambu, MG. 2002.
PFLEIDERER, C. Bombas Centrífugas y Turbocompressores. Editora Labor, Espanha, 1960.
SHARMA, N. e KARANTH, V. K. Numerical Analysis of a Centrifugal Fan for Improved Performance using Splitter Vanes. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2009
SIGLOCH, H. Strömungsmaschinen Grundlagen und Anwendungen. Carl Hanser Verlag. 1984.
TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. Ventilation Fans Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2015 – 2023. Canada, U.S.A. 2016.

## 9. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluindo este trabalho.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE NUMÉRICA DO ESCOAMENTO AO REDOR DA ASA FINITA COM PERFIL EPPLER 423

**Diógenes Augusto dos Santos Welter[1]**
**Marco Antônio Sampaio Ferraz de Souza[2]**
diogeneswelter@yahoo.com.br[1] marco@uricer.edu.br[2]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.

***Resumo:*** *O presente trabalho apresenta simulações numéricas do escoamento de ar em torno de uma asa finita gerada a partir de um perfil Eppler 423, muito utilizado como aerofólio de alta sustentação. A asa foi criada em software CAD e a geometria foi envolvida por um modelo de caixa externa, simulando um túnel de vento, em seguida foi gerada uma malha do tipo não-estruturada mesclada a blocos nas áreas de maior interesse do escoamento, seu desenvolvimento seguiu o método dos volumes finitos. Para a malha foi realizado um teste de independência, onde foi obtida uma boa relação de refinamento/precisão dos resultados. Na solução das equações diferenciais que governam o fenômeno estudado aplicou-se o software Fluent da Ansys, que utiliza o método dos volumes finitos para sua discretização e segue as equações de conservação da massa, quantidade de movimento linear, que originam as equações de Navier-Stokes em média de Reynolds. Para o problema de fechamento da turbulência foi escolhido o modelo* $k$-$\omega$ *SST. Além da força de sustentação e arrasto, dados como campos de pressão e velocidade, vetores e trajetórias do escoamento foram obtidos para a asa retangular, e comparados com dados disponíveis na literatura. A asa retangular também pôde ser comparada com outro modelo simples de projeto, a trapezoidal, e os dados da força de sustentação e arrasto de ambos os formatos foram comparados, inclusive com uma amostragem das trajetórias do escoamento na ponta dos dois modelos de asas. Os dados numéricos obtidos no presente trabalho foram comparados com dados disponíveis na literatura apresentando boa concordância entre eles.*
*Palavras Chave: asa finita, CFD, perfil Eppler 423, método dos volumes finitos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Após o voo do primeiro objeto mais denso que o ar, a aviação se tornou uma área de contínua evolução. Com o tempo muitos aficionados pelo sonho de voar obtiveram muitos avanços e melhorias na aerodinâmica aumentando e muito o desempenho das aeronaves. A asa é responsável pela sustentação da aeronave, sendo esta força a responsável por vencer o peso da aeronave e garantir o voo (RODRIGUES, 2014). No início da aviação os estudos nesta área eram realizados somente experimentalmente, ou seja, na base da tentativa e erro, o estudo experimental de um escoamento em torno de um corpo, além da construção de um modelo ou protótipo que represente o objeto do estudo, exige também o conhecimento e entendimento do escoamento, não significando ainda que os resultados obtidos sejam confiáveis. Com a melhoria na capacidade de processamento e armazenagem dos computadores pessoais, a simulação numérica se torna mais viável hoje, devido principalmente à possibilidade de se obter malhas computacionais mais refinadas. No presente trabalho foi utilizado o *software Fluent*, que está dentro do pacote *Workbench* 16 da *Ansys*. Neste pacote pode-se desenvolver os desenhos, criar a malha para a simulação e obter resultados como os vetores de velocidades, gradientes de pressão para o escoamento e forças sofridas. Para modelagem da asa foi escolhido um perfil aerodinâmico de alta sustentação, que se trata da geometria bidimensional por onde ocorre o escoamento, o perfil Eppler 423 é caracterizado por um baixo arrasto, por isso ele é muito utilizado nas competições de *aerodesign*. Na construção da asa, a forma do perfil aerodinâmico influência brutamente o escoamento, sendo a asa construída de forma retangular genérica, apenas uma extrusão do perfil. Estas diferentes formas de perfis determinam muitas vezes a velocidade, capacidade de transporte, sustentação e eficiência da aeronave. Porém o escoamento na asa finita se torna tridimensional ao contrário do perfil que é somente bidimensional, além do arrasto induzido gerado por vórtices nas pontas das asas, há também o deslocamento do escoamento para a terceira dimensão do escoamento influenciando diretamente nas outras duas, enfim gerando mais turbulência e menos eficiência no desempenho quando considerado a asa finita em relação ao perfil.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Por mais complexa que sejam as formas do corpo que passa por um escoamento, somente duas forças influenciam no momento e forças aerodinâmicas que o mesmo recebe, estas forças são devido à:

- Distribuição da pressão sobre a superfície do corpo;
- Distribuição da tensão por cisalhamento sobre a superfície do corpo (ANDERSON, 2011).

Estas duas forças atuantes, irão gerar o momento e a força resultante $F_R$ que é decomposta em força de sustentação $F_L$ e força de arrasto $F_D$, como mostra a Figura 1:

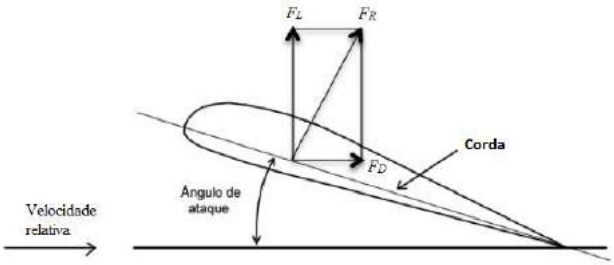



**Figura 1 - Decomposição da força resultante em sustentação e arrasto.**

Na Figura 1 observa-se que quando a força resultante $F_R$ aumenta, ocorre o aumento das componentes em uma proporção dependente, também, do ângulo de ataque e do formato do corpo. Neste caso, quanto maior for força de sustentação $F_L$, maior será a força de arrasto $F_D$. O arrasto é a componente da força sobre um corpo que atua paralelamente à direção do movimento relativo (FOX *et al*, 2012). Existem dois tipos de arrastos:

- Arrasto de atrito puro;
- Arrasto de pressão.

Conforme se aumento o ângulo de ataque α, maior será a força resultante $F_R$, e consequentemente maior será a sustentação $F_L$ e o arrasto $F_D$, porém este ganho de sustentação ocorre até certa inclinação, para a maioria dos perfis aerodinâmicos isto ocorre a 13°, este ponto é chamado de estol. Contudo há uma diferença entre o estol do perfil bidimensional e da asa tridimensional.

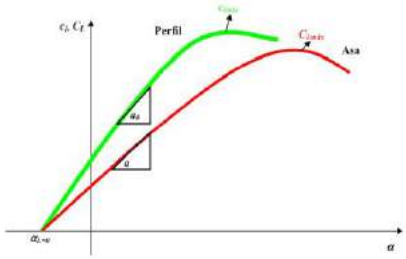
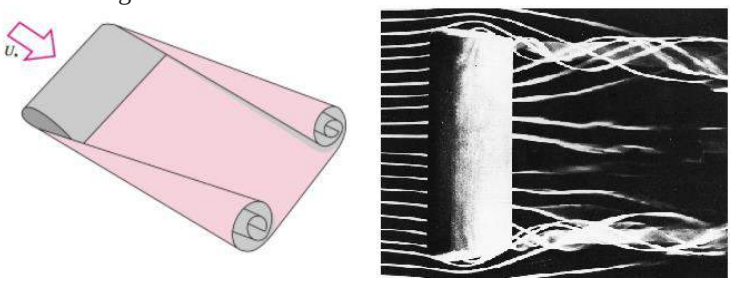



**Figura 2 - Curva de estol no perfil e na asa.**

Como ilustrado na Figura 2, o perfil tem um coeficiente de sustentação $C_L$ maior do que a asa, entretanto o estol ocorre com um ângulo de ataque menor. Um dos fenômenos que geram esta desvantagem da asa finita em comparação ao seu perfil é a criação de vórtices gerados nas extremidades, onde a linha dos vórtices aumenta do centro para as extremidades da envergadura, essa linha de vórtices cria as recirculações nas pontas da asa finita e também é chamada de arrasto induzido, como mostra a Figura 3.




(a) (b)

**Figura 3 - Arrasto induzido ocorrendo de forma ilustrativa em (a) e experimental em (b).**

## 3. FORMULAÇÃO GERAL

Equações utilizando a metodologia integral podem ser utilizadas para fornecer informações sobre a sustentação gerada por uma asa, contudo essa abordagem não permite obter dados detalhados, ou seja, ponto por ponto do

escoamento. Para se conhecer detalhadamente um escoamento, deve-se aplicar as equações de movimento dos fluidos na forma diferencial. A seguir serão apresentadas as equações diferenciais utilizadas neste trabalho:

Equação da continuidade tridimensional na forma conservativa

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial \rho u}{\partial x}+\frac{\partial \rho v}{\partial y}+\frac{\partial \rho w}{\partial z}=0 \tag{1}$$

Equação da Quantidade de Movimento Linear

$$dm\frac{D\vec{V}}{Dt}=dm\left[u\frac{\partial \vec{V}}{\partial x}+v\frac{\partial \vec{V}}{\partial y}+w\frac{\partial \vec{V}}{\partial z}+\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}\right] \tag{2}$$

Em simulações numéricas computacionais, bastaria o equacionamento de Navier-Stokes para a visualização de todas as escalas de turbulência, entretanto, ao mesmo tempo, esse sistema necessitaria de uma malha computacional muito refinada, o que atrasaria ou impossibilitaria o processo. Como resolução para este problema, faz-se utilização dos valores médios das propriedades, empregando as equações de Navier-Stokes com média de Reynolds, também conhecidas como *Reynolds Averaged Navier-Stokes* (RANS). Introduzindo as equações de tensões cisalhantes e normais na equação diferencial da quantidade do movimento linear, para a componente *x* obteremos:

$$\rho\frac{Du}{Dt}=\rho g_x-\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}\left[\mu\left(2\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{2}{3}\nabla.\vec{V}\right)\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[\mu\left(\frac{\partial w}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial z}\right)\right] \tag{3}$$

Modelo de Turbulência k-ω SST.

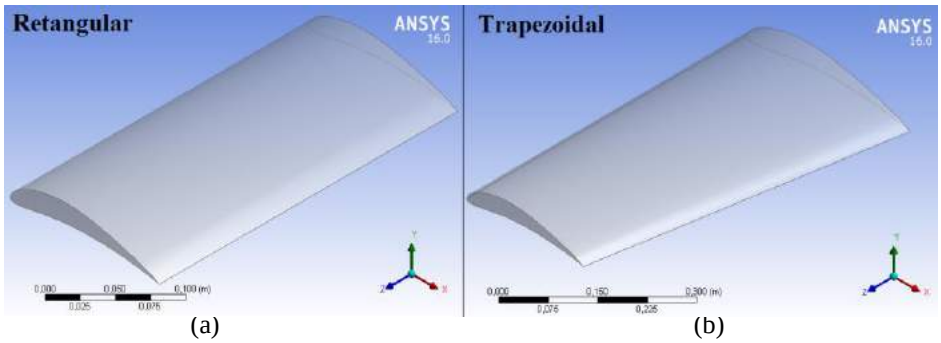
Após a utilização das equações com médias de Reynolds, há a necessidade da utilização de equações complementares para a turbulência do escoamento. Criado por Menter em 1994, o modelo *k-ω* SST utiliza uma combinação entre os modelos *k-ε* e *k-ω*, onde o modelo *k-ω* é ideal para o maior detalhamento próximo à camada limite e contorno da asa, e o modelo *k-ε* é mais aplicado nas regiões afastadas da camada limite por não precisar de muito detalhamento, reduzindo assim o esforço computacional a detalhes que seriam irrelevantes ao projeto, a Eq. (4) mostra a equação para a componente *x*:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t}+\frac{\partial u_j\omega}{\partial x_j}=\alpha P_\omega-\beta\omega^2+2\left(1-F_1\right)\sigma_\omega\frac{1}{\omega}\frac{\partial}{\partial x_j}\frac{\partial \omega}{\partial x_j}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\nu+\sigma_\omega\nu_t\right)\frac{\partial \omega}{\partial x_j}\right] \tag{4}$$

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Implementação Numérica

A metodologia empregada visa à utilização do *software* de CFD *Fluent.* Desta forma, faz-se necessária a criação da geometria tridimensional com dimensões finitas. A Figura 4 mostra as metades das asas utilizadas para as simulações, as mesmas foram geradas a partir do perfil Eppler 423, o modelo retangular da Figura 4a utiliza um comprimento de corda constante de 300 mm e envergadura de 1200 mm, enquanto que o modelo trapezoidal mostrado na Figura 4b utiliza um comprimento de corda de raiz de 350 mm e comprimento de corda de ponta de 250 mm, com a mesma envergadura de 1200 mm, estas duas dimensões são compatíveis para o uso em um *aerodesign*.




(a) (b)

**Figura 4 - Modelos de asa retangular em (a) e trapezoidal em (b) utilizados nas simulações.**

### 4.2 Malha Computacional

A malha computacional foi confeccionada através do *software Fluent* CFD, sendo com o maior detalhamento na superfície da asa. A malha computacional criada é do tipo não-estruturada, pois é a que melhor se adapta a geometrias complexas. A Figura 5 mostra a caixa já com a malha gerada, neste caso foram obtidos 2.847.795 volumes de malha.

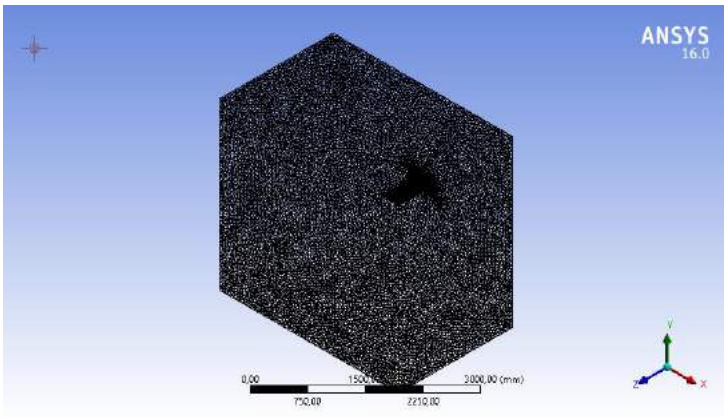
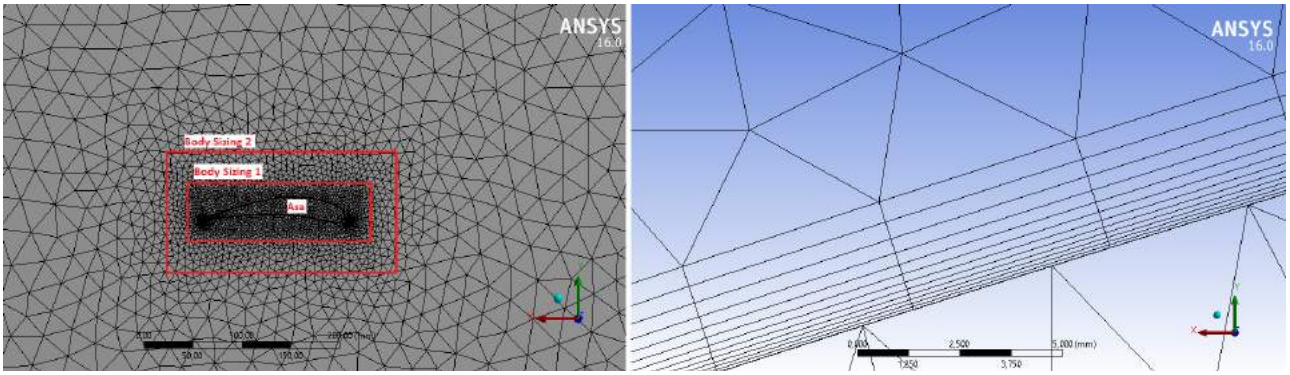



**Figura 5 - Malha gerada dentro da caixa.**

Se a malha for grosseira nas regiões de maiores gradientes, certamente haverá grandes imprecisões numéricas. Sendo assim, dentro da malha além da utilização da função *inflation* que cria blocos no contorno da asa, foram inseridos dois *body sizing* ou corpos de dimensionamento, que auxiliam no refinamento próximo ao aerofólio. A Figura 6 exibe os corpos já com a malha refinada internamente e o *inflation* no bordo de fuga do extradorso da asa.




(a) (b)

**Figura 6 - Auxilio ao refinamento com *body sizing* em (a) e *inflation* em (b).**

O método de *inflation* gera uma concentração de blocos que contornam a geometria, superfície esta de maior interesse no estudo, para o caso foram utilizadas 12 linhas, com uma taxa de crescimento de 20%. A distância da asa para a primeira linha do *inflation* é onde também pode ser adicionado o $y^+$, no presente estudo foi utilizado o valor de 5, assim a primeira linha de malha está a $1x10^{-4}$m do aerofólio.

A Tab. 1 mostra as condições de contorno utilizadas neste trabalho.

Tabela 1 - Condições de contorno para o escoamento.

| *Região* | Condição | Grandeza |
|---|---|---|
| ***Entrada*** | Velocidade | 18 m/s |
| ***Aerofólio*** | Parede (não deslizamento) | - |
| ***Laterais*** | Simétricas | - |
| ***Saída*** | Pressão ambiente | 101325 Pa |

## 5. RESULTADOS

Foram realizadas simulações com um ângulo de inclinação de 0 a 10°, através da força de sustentação e área superficial da asa retangular, e foram obtidos os coeficientes de sustentação $C_L$ para os diferentes ângulos de ataque, os

resultados foram comparados com uma correlação do perfil/asa criada por Rodrigues (2014), a Figura 7 exibe a curva do coeficiente de sustentação $\alpha$x ângulo de ataque $\alpha$ correlacionados com Rodrigues:

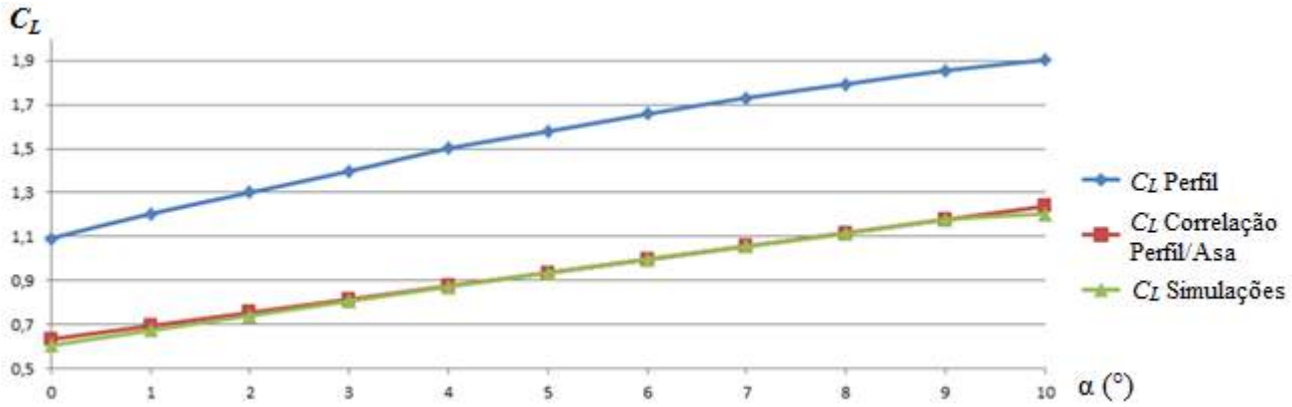
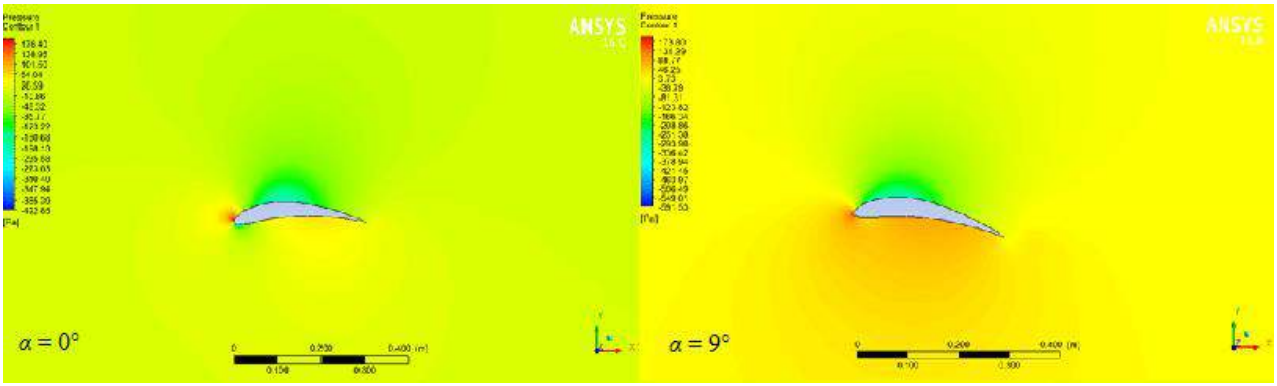



**Figura 7 - Comparação dos resultados com a correlação feita por Rodrigues.**

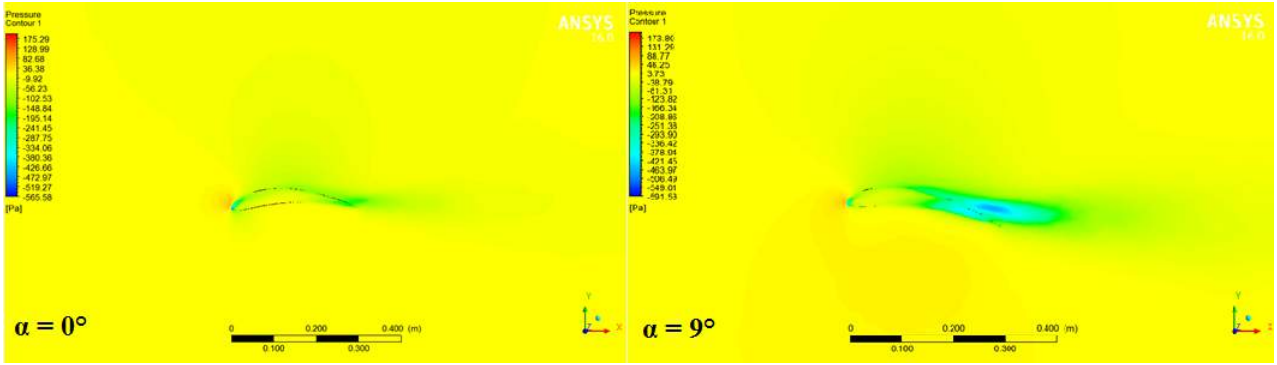
A pressão estática no meio da asa retangular permaneceu uniforme por toda a envergadura da asa. A Figura 8 mostra que a queda de pressão no extradorso da asa permanece praticamente a mesma nos casos de 0° e 9° de ângulos de inclinação, todavia no intradorso o campo de pressão aumenta conforme o aumento do ângulo de inclinação.




(a) (b)

**Figura 8 - Campo de pressão em 0° em (a) e a 9° em (b) de inclinação no meio da asa.**

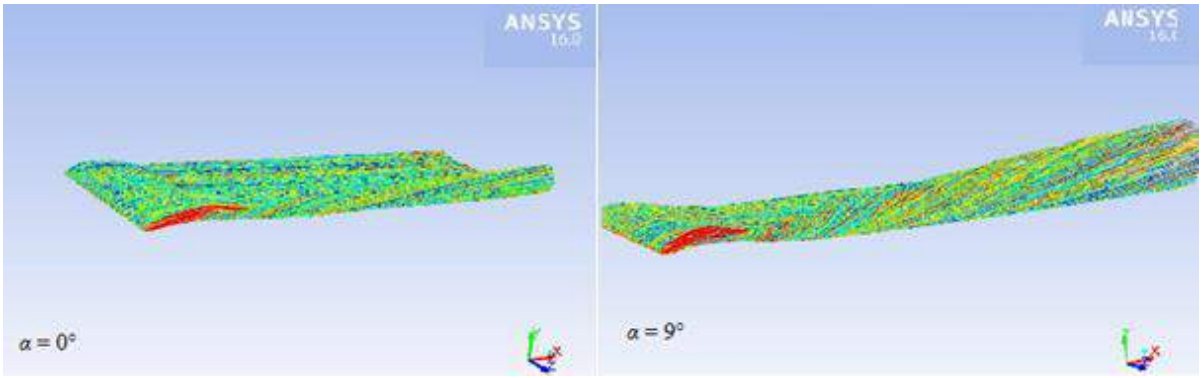
Tanto a pressão estática quanto a velocidade do escoamento se mantiveram uniformes em toda a envergadura da asa, contudo a ponta da asa teve grandes distorções, a Figura 9 ilustra a variação da pressão em 0° e 9° de inclinação.




(a) (b)

**Figura 9 - Pressão estática em 0° em (a) e 9° em (b) de inclinação na ponta da asa.**

Através da Figura 9 é possível verificar que o aumento da inclinação gera uma esteira viscosa na lateral da asa retangular, esse fenômeno ocorre devido ao escoamento do ar que tende a escapar pela lateral da ponta da asa, gerando também o arrasto induzido.




(a) (b)

**Figura 10 - Comparação entre o arrasto induzido a 0° em (a) e 9° em (b) de inclinação.**

O arrasto induzido pode ser visualizado na Figura 10 pelos vórtices gerados na ponta da asa, quanto maior for a inclinação do ângulo de ataque, um modelo também simples de ser construído pode ser testado, o modelo trapezoidal, onde as simulações mostraram que apesar de ter a mesma sustentação da asa reta, apresentou um comparativo de 2,7% de redução na força de arrasto, uma das características deste modelo é a diminuição nos vórtices na ponta de asa pelo tamanho da corda ser menor que o da asa retangular, a Figura 11 mostra estes vórtices à uma inclinação de 9°.

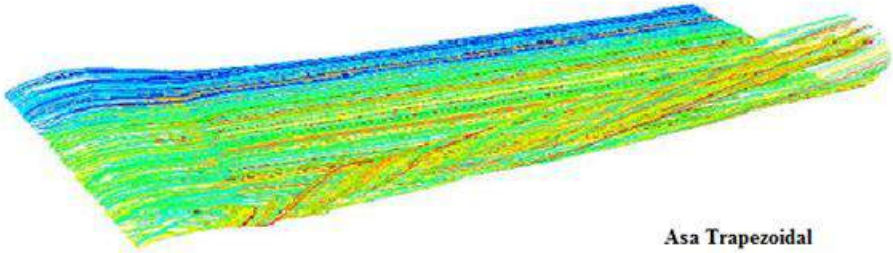



**Figura 11 - Vórtices gerados na asa trapezoidal a uma inclinação de 9°.**

Fica visível quando comparadas as Figura 10 (b) e Figura 11, que há uma redução no arrasto induzido da asa trapezoidal quando confrontada à asa retangular, tornando-a uma ótima opção para se obter maior eficiência no voo.

## 6. CONCLUSÕES

O estudo aerodinâmico moderno se tornou muito mais acessível devido ao avanço computacional mesclado à implantação do método de CFD, equações tridimensionais e até mesmo bidimensionais para determinar as variáveis do escoamento se tornam muito complexas mesmo em geometrias simples, quando combinadas a modelos de turbulências, a solução analítica se torna inalcançável, sendo o CFD um ótimo método para soluções nesta linha de pesquisa, claro que ainda contendo erros que se tornam menores quando bem definidas as condições de contorno, refinamento de malha e escolha de *solvers* para encontrar a resposta com menor erro possível.

Os resultados encontrados para a sustentação da asa tiveram concordância, quando correlacionados com os resultados obtidos por Rodrigues (2014) para o perfil Eppler 423. A asa com um tamanho finito tende a ter uma sustentação ou eficiência neste caso menor comparada ao perfil, sendo assim, a componente z em qualquer escoamento tem grande influência nas outras duas componentes x e y, uma mostra clara é o arrasto induzido na ponta da asa que altera completamente a uniformidade do escoamento naquela região.

## 7. REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. D. J.; **Fundamentals of Aerodynamics**. 5ª ed. New York – NY, 2011.
ANSYS, INC. FLUENT; **User's Manual**, 2016.
EPPLER, R. **Airfoil Design and Data**. 1ª Edição. Stuttgart: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990.
FOX, R. W.; McDonald, A. T. **Introdução a Mecânica dos Fluidos**. 6 ed. Rio de Janeiro LTC: 2012.
HEAD; **Trailing Vortices From a Rectangular Wing -** Album of Fluid Motion**,** 1982.
MENTER, F. R. **Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications.** AIAA ,1994.
RODRIGUES, L.E.M.J., **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE-Aerodesign: Aerodinâmica e Desempenho**. Salto/SP : 1 ed., 2014.
WHITE, F. M.; **Mecânica dos Fluidos.** 2ª ed. URI: University of Rhode Island, Rhode Island, 2002.

## 8. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluindo este trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO EXPERIMENTAL DO PERFIL AERODINÂMICO NACA 23015 UTILIZADO NO AVIÃO AGRÍCOLA EMBRAER IPANEMA EMB 202

**Douglas Rafael Dallazen**[1]
**Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza**[2]
URI -, Universidade Regional Integrada, Curso de Engenharia Mecânica – E.M.
Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
douglas_dallazen@hotmail.com[1], marco@uricer.edu.br[2]

***Resumo.*** *A aviação agrícola é parte significativa da aviação civil brasileira, sua frota tem um crescimento médio de 5% e soma cerca de 2015 aeronaves. Sendo uma das operações mais perigosas dentro da aviação devido à baixa altitude de voo. Esta baixa altitude acaba tornando qualquer obstáculo como árvores, elevações e construções um risco eminente, obrigando o piloto a fazer manobras bruscas que podem colocar a aeronave em estado de estol, que ocorre basicamente quando o perfil aerodinâmico ultrapassa um ângulo de ataque máximo, gerando uma diminuição considerada na sustentação da aeronavel. Este fato torna-se importante o estudo no perfil aerodinâmico utilizado em aeronaves agrícolas como o EMBRAER Ipanema EMB 202, que possui um perfil NACA 23015. O estudo foi realizado de forma experimental utilizando um canal aerodinâmico para simular as condições de escoamento, a confecção do perfil se deu a partir da usinagem CNC, o material utilizado para a confecção da asa foi Poliacetal, as medições foram realizadas, com o intuito de medir a distribuição de pressão e determinar os parâmetros de escoamento variando o ângulo de ataque em 0º, 5º,10º,12º,15º,18º e 20º, determinando a angulação máxima para este perfil. Os resultados obtidos apresentam para um ângulo de ataque de 0º baixa diferença de pressão entre o extradorso e o intradorso, conforme o ângulo de ataque aumenta para 5º,10º,12º,15º e 18º, pode-se observar um aumento contínuo sobre a diferença de pressão entre as superfícies até atingir uma angulação de 20º onde ocorre uma queda abrupta na diferença de pressão, caracterizando que o perfil já entrou em estado de estol. Determinando dessa forma para o perfil NACA 23015 uma angulação máxima de 18º, apresentando uma boa relação entre os resultados obtidos e os encontrados na literatura.*

***Palavras Chave:*** *Perfil aerodinâmico, Campo de pressão, Estado de estol, Ângulo de ataque.*

## 1. INTRODUÇÃO

A aviação agrícola é parte significativa da aviação civil brasileira. As operações agrícolas são usadas para aplicações de fertilizantes e pesticidas em lavouras e requerem voos em baixa altitude, geralmente acontecem em três a quatro metros do solo. Esta baixa altitude acaba tornando qualquer obstáculo como árvores, elevações e construções um risco eminente para o piloto e aeronave. Este risco é proveniente da realização de manobras bruscas podendo colocar a aeronave em estado de estol, causando perda abrupta de sustentação. Segundo dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), a participação da aviação agrícola nos acidentes da aviação civil no Brasil tem crescido ao decorrer do tempo. Até o ano de 2001 o percentual era de aproximadamente 10%, a partir de 2002 essa taxa se estabilizou acima de 14%, em 2009 ela subiu e se estabilizou em 16%. Em 2016 esse percentual chegou aos 19,01% dos acidentes aéreos ocupando o segundo lugar nas estatísticas.

Este problema causa o interesse sobre o desempenho do perfil aerodinâmico NACA 23015 utilizada na aeronave agrícola brasileira EMBRAER Ipanema EMB 202, por meio da análise experimental do seu comportamento em diferentes situações. O foco principal do estudo experimental é determinar parâmetros de escoamento e a distribuição de pressão, para diferentes ângulos de ataque até atingir o estado de estol, podendo assim fazer a comparação com dados obtidos por métodos numéricos encontrados na literatura.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o tema estudado, demostrando aplicabilidades semelhantes ao estudo realizado. Procurou-se, também, identificar os parâmetros de influência, e os possíveis métodos utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho.

Sullivan (2010) avaliou as forças aerodinâmicas em perfis aerodinâmicos entre eles NACA 3314, NACA8321, NACA 1209, NACA 6217, NACA 0014 e NACA 5417. O experimento realizou-se em um túnel de vento com

velocidade de 14,4 [m/s], e com um ângulo de ataque de 20º em relação ao escoamento. O experimento permitiu a comparação das características de voo de cada perfil aerodinâmico com uma pequena variação em comparação a literatura, mas isso pode ser explicado pela fabricação a mão dos perfis, dificultando o acabamento e a precisão dos perfis.

Marchetto (2016) realizou uma análise em CFD sobre aerofólios utilizados em asas de aeronaves comumente empregadas no ramo agrícola, como o Embraer EM-202 e o Air Tractor AT-802, que possuem respectivamente perfis da série NACA 23015 e NACA 4415. Com os objetivos de determinar as curvas de sustentação e arrasto versus ângulo de ataque para comparar o desempenho dos perfis frente a condições de estol, e também avaliar o impacto no desempenho com a utilização de um *Gumeyflap*. A pesquisa foi realizada por meio de uma simulação computacional através do método dos volumes finitos (MVF). A comparação de resultados mostrou que o aerofólio NACA 4415 leva vantagem ao NACA 23015 por apresentar condição de estol mais suave, porém a adição dos *flaps* acabou tornando a relação sustentação/arrasto inferior ao aerofólio sem *flaps*.

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresentam-se conceitos e referências teóricas sobre o estudo realizado, obtendo conhecimento necessário sobre perfis aerodinâmico e suas forças aerodinâmicas atuantes.

### 3.1 Perfis aerodinâmicos

O principal objetivo dos perfis aerodinâmicos é a produção de uma força de sustentação suficiente para manter a aeronave voando e a redução da força de arrasto induzida pelo escoamento. Até uma simples placa plana colocada num escoamento com determinado ângulo de ataque é capaz de produzir sustentação, mas por outro lado o arrasto criado por esta é demasiadamente excessivo para poder ser utilizado em uma aeronave. Para alcançar esse objetivo foi preciso utilizar superfícies com outras formas e demostrou-se que superfícies com curvatura poderiam produzir mais sustentação do que arrasto. Vários estudos de investigação foram feitos para determinar os perfis com as melhores características de voo, chegando-se a conclusão que todos eles apresentam vantagens e desvantagens consoantes ao tipo de operação (Lage, 2009). A Fig. 1abaixo ilustra as partes de um perfil aerodinâmico.

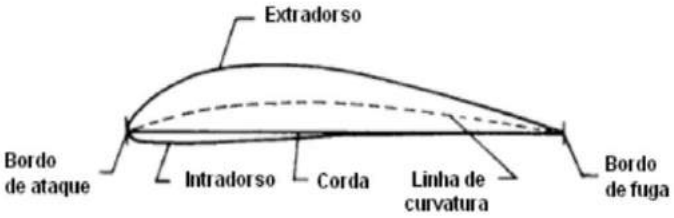



Figura 1. Ilustração de um perfil (Lan, 1997).

Todos os perfis aerodinâmicos podem ser caracterizados por seis termos principais:

- Bordo de ataque;
- Bordo de fuga;
- Corda;
- Linha de curvatura;
- Extradorso (superfície superior);
- Intradorso (superfície inferior);

De modo geral, o formato dos perfis aerodinâmicos pode ser classificado como: Biconvexos simétricos, que são perfis cujo intradorso e extradorso são convexos e iguais; biconvexos assimétricos, com o extradorso e intradorso convexos; plano convexo que apresenta o intradorso plano e o extradorso convexo; côncavo convexo cujo intradorso e extradorso são de forma côncava e convexa e de dupla curvatura que apresenta forma côncava e convexa tanto no extradorso quanto no intradorso (SAINTIVE,2006).

### 3.2 Forças aerodinâmicas

Todo perfil imerso em um escoamento está sujeito a forças aerodinâmicas. Segundo Ribeiro (2011) as forças aerodinâmicas produzidas sobre os perfis provocam arrasto, sustentação, forças laterais e momentos. Estas forças resultam de duas fontes: distribuição de pressão e fricção viscosa.

A força de sustentação é a componente da força aerodinâmica na direção perpendicular à direção do vetor velocidade do escoamento. A força de arrasto é a componente da força aerodinâmica na direção paralela à direção do vetor velocidade do escoamento. E, consequentemente, um momento de arfagem poderá surgir devido a resultante da força aerodinâmica estar afastada do centro de giro ao longo da corda (OLIVEIRA, 2011).

### 3.3 Estol

O estol em uma aeronave é conhecido também como a perda de sustentação, e está diretamente relacionado ao ângulo de ataque máximo e ao coeficiente de sustentação máximo da asa. Conforme o aumento do ângulo de ataque, ele acaba proporcionando um aumento do coeficiente de sustentação, porém esse aumento não ocorre indefinidamente, ou seja, existe um limite máximo para o valor do coeficiente de sustentação de uma asa. (BIASI, 2010).

Este fato ocorre, quando, o descolamento da camada limite se aproxima do bordo de ataque do perfil, gerado pelo gradiente adverso de pressão, impossibilitando o escoamento ao longo de todo o extradorso, criando na sua superfície uma região de baixa velocidade e altas pressões. Segundo Oliveira (2011), a separação do estol dinâmico segue um desenvolvimento em etapas definidas pelo aumento do ângulo de ataque. A topologia do escoamento desde o seu desenvolvimento até a ocorrência do estol dinâmico pode ser dividida em 4 etapas:

- Escoamento sem deslocamento de camada limite, etapa 1: Nesta etapa é possível haver algum deslocamento no bordo de fuga, mas de modo geral, o escoamento possui topologia parecida com o escoamento em torno de um aerofólio estático pré-estol.
- Fluxo reverso, etapa 2: Nesta etapa observa-se o surgimento de uma região de recirculação, formação de vórtice no bordo de ataque que se propaga no extradorso do perfil até sua subsequente separação.
- Descolamento da camada limite, etapa 3: O deslocamento da camada limite se propaga do bordo de fuga para o bordo de ataque, aumentando a região de recirculação. Nesta etapa o aumento do vórtice no bordo de ataque do perfil e que o aerofólio fica mais rombudo devido a presenças deste vórtice.
- Formação e advecção do vórtice, etapa 4: O escoamento inicia o transporte do vórtice formado na etapa anterior do bordo de ataque para o bordo de fuga. No bordo de fuga, este vórtice descola e se integra a esteira do perfil, caracterizando o ponto de estol, onde a sustentação atinge seu valor máximo para posteriormente decrescer.

Segundo BIASI (2010), uma aeronave em situação de estol não está voando, mas sim caindo, com o ar deixando de passar dor cima do extradorso da asa gerando-se uma depressão no vetor de sustentação, e assim a perda de altura e velocidade.

## 4. METODOLOGIA

Neste capítulo será introduzido o projeto do perfil aerodinâmico, desde seu desenho até sua fabricação. Será também apresentada a descrição de toda a instrumentação utilizada nos testes experimentais para a coleta das pressões no canal aerodinâmico, variando os ângulos de ataque entre 0º,5º,10º,12º,15º,18º e 20º.

### 4.1 Instrumentação

Para reproduzir uma corrente de ar, foi utilizado um canal aerodinâmico de circuito aberto em ambas as extremidades, com um ventilador instalado na entrada para gerar o escoamento. Para determinar as propriedades do escoamento dentro do canal aerodinâmico foi utilizado um termômetro de mercúrio a fim de determinar a temperatura do ar e utilizado um tubo de pitot para medir sua velocidade. Com os parâmetros do escoamento, foi utilizado um manômetro digital para realizar as tomadas de pressão ao longo do perfil, a fim de facilitar a visualização.

### 4.2 Confecção do Perfil

O perfil aerodinâmico utilizado na aeronave agrícola IPANEMA EMB 202, é um perfil NACA 23015 da série NACA de cinco dígitos. O desenho do perfil foi gerado a partir das coordenadas obtidas no AIRFOILTOOLS (2017), e em seguida as coordenadas foram convertidas e organizadas com ajuda do Software Microsoft Office Excel. O perfil aerodinâmico 3D, foi desenhado utilizando o software de projeto CAD (desenho assistido por computador) *Inventor*, com 190 mm de corda e 210 mm de largura, distribuindo 16 canais para tomadas de pressão ao longo do perfil, com um espaçamento de 20 mm, conforme Fig. 2.

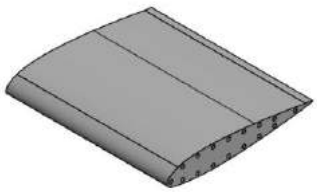


Figura 2. Perfil Aerodinâmico 3D NACA 23015.

A partir do perfil 3D pode-se começar o processo de confecção do mesmo, por usinagem em um torno CNC, dividindo o perfil em 3 partes de 70 mm, devido ao limite do equipamento utilizado para realizar a furação dos canais

para tomada de pressão. O material selecionado para a fabricação foi o Polioximetileno (POM), também conhecido como Poliacetal. A escolha desse material foi devido a facilidade de usinagem do mesmo, podendo fazer uma usinagem de maior precisão e qualidade. Após o processo de usinagem pode ser feita a colagem das três partes do perfil aerodinâmico utilizando uma cola de Cianoacrilato, posteriormente com massa de Poliéster fez-se o reparo das uniões evitando a discordância entre secções. Finalizando a colagem é realizada a pintura do perfil, assemelhando sua superfície com a superfície de um perfil aerodinâmico real.

Podendo assim realizar a furação horizontal entre a superfície do perfil até os canais internos onde serão realizadas as tomadas de pressão estáticas, dividindo em 8 furos realizados em cada um dos canais internos por um processo de furação com diâmetro de 1,5 mm. Os furos não foram realizados perto das bordas pela turbulência gerada pelo fim da secção.

## 5. RESULTADOS

Aqui serão analisados os parâmetros e resultados obtidos a partir dos teste experimentais realizados sobre o perfil NACA 23015, para as correspondentes variações de ângulo de ataque. Para minimizar a variação das propriedades do ar, as coletas de pressão foram realizadas em dois dias, que apresentaram as mesmas características ambientais. As tomadas de temperatura foram realizadas por um termômetro e convertidas para temperatura absoluta em Kelvin, podendo assim determinar a massa específica e a viscosidade dinâmica do ar. Determinando as propriedades do ar, pôde-se medir a velocidade do escoamento utilizando um tubo de Pitot, além de determinar o número de Reynolds, apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1. Propriedades do escoamento.

| | | |
|---|---|---|
| T | 295 | K |
| ρ | 1,16 | kg/m³ |
| Ap | 182,24 | m² |
| μ | 0,00001846 | Ns/m² |
| As | 0,19 | m² |
| V | 17,40 | m/s |
| c | 340,29 | m/s |
| M | 0,05 | - |
| Re | 208036,15 | - |
| f | 60 | Hz |

Com as propriedades determinadas pôde-se iniciar a coleta de dados, para todos os ângulos de ataque, realizando as medições para todos os 16 pontos do perfil. Os pontos de 1 a 9e representam o extradorso do perfil já os pontos de 9i a 16 representam a parcela do intradorso. As tomadas de pressão foram repetidas três vezes em cada ponto, para se atingir uma maior precisão nos dados medidos.

Tabela 2. Medições de pressão.

| | | Pressão em (Pa) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pontos** | **x (mm)** | **α = 0°** | | **α = 5°** | | **α = 10°** | | **α = 12°** | | **α = 15°** | | **α = 18°** | | **α = 20°** | |
| **1** | **5,2** | 10,5 | ±0,27% | 141,7 | ±0,32% | 198,5 | ±0,36% | 206,0 | ±0,36% | 208,1 | ±0,42% | 197,1 | ±0,45% | 188,3 | ±0,54% |
| **2** | **20,2** | -124,1 | ±0,38% | -201,6 | ±0,39% | -286,0 | ±0,43% | -323,8 | ±0,62% | -361,6 | ±0,82% | -443,7 | ±0,85% | -433,0 | ±0,83% |
| **3** | **40,2** | -94,4 | ±0,28% | -138,8 | ±0,28% | -180,3 | ±0,41% | -187,2 | ±0,35% | -198,4 | ±0,37% | -220,0 | ±0,49% | -190,7 | ±2,05% |
| **4** | **60,2** | -71,4 | ±0,24% | -100,6 | ±2,43% | -120,4 | ±0,23% | -129,5 | ±0,27% | -137,7 | ±0,27% | -140,4 | ±0,45% | -116,0 | ±0,26% |
| **5** | **80,2** | -48,4 | ±0,17% | -66,3 | ±0,25% | -84,3 | ±0,22% | -88,5 | ±0,35% | -93,6 | ±0,28% | -92,4 | ±0,34% | -83,5 | ±0,34% |
| **6** | **100,2** | -33,2 | ±0,13% | -45,0 | ±0,19% | -58,1 | ±0,15% | -61,0 | ±0,21% | -64,8 | ±0,16% | -62,1 | ±0,26% | -68,5 | ±1,58% |
| **7** | **120,2** | -17,2 | ±0,18% | -24,7 | ±0,20% | -35,0 | ±0,16% | -35,0 | ±0,25% | -36,5 | ±0,19% | -40,7 | ±0,34% | -56,9 | ±0,65% |
| **8** | **140,2** | -4,6 | ±0,09% | -8,2 | ±0,06% | -16,6 | ±0,35% | -16,0 | ±0,13% | -16,9 | ±0,12% | -23,0 | ±0,41% | -44,8 | ±0,83% |
| **9 e** | **167,2** | 18,1 | ±0,15% | 14,9 | ±0,16% | 6,4 | ±0,18% | 7,3 | ±0,18% | 6,2 | ±0,06% | -3,0 | ±0,68% | -25,6 | ±0,84% |
| **9 i** | **167,2** | 4,6 | ±0,18% | 3,1 | ±0,18% | 11,9 | ±0,12% | 11,9 | ±0,06% | 11,4 | ±0,18% | 9,9 | ±0,18% | 3,2 | ±0,77% |
| **10** | **140,2** | -11,9 | ±0,16% | -10,2 | ±0,12% | 0,0 | ±0% | 5,1 | ±0,15% | 8,0 | ±0,15% | 14,6 | ±0,09% | 15,5 | ±0,57% |
| **11** | **120,2** | -23,8 | ±0,15% | -15,6 | ±0,21% | -1,7 | ±0,36% | 4,6 | ±0,09% | 10,0 | ±0,09% | 19,6 | ±0,12% | 21,4 | ±0,62% |
| **12** | **100,2** | -28,8 | ±0,22% | -21,6 | ±0,18% | -3,9 | ±0,15% | 2,7 | ±0,12% | 9,6 | ±0,12% | 20,9 | ±0,22% | 28,0 | ±0,45% |
| **13** | **80,2** | -41,2 | ±0,22% | -23,9 | ±0,22% | -3,2 | ±0,16% | 8,8 | ±0,15% | 17,5 | ±0,15% | 33,6 | ±0,10% | 39,0 | ±0,71% |
| **14** | **60,2** | -53,5 | ±0,20% | -26,8 | ±0,10% | 0,0 | ±0% | 13,6 | ±0,15% | 24,5 | ±0,10% | 44,9 | ±0,22% | 53,3 | ±0,41% |
| **15** | **40,2** | -50,4 | ±0,20% | -17,0 | ±0,13% | 21,4 | ±0,12% | 37,1 | ±0,13% | 52,9 | ±0,23% | 76,7 | ±0,14% | 99,0 | ±4,91% |
| **16** | **20,2** | -45,5 | ±0,14% | 13,4 | ±0,16% | 63,5 | ±0,21% | 85,2 | ±0,37% | 102,9 | ±0,37% | 133,6 | ±0,40% | 144,2 | ±0,60% |

Com os dados obtidos na Tab. 2, pode-se plotar a distribuição de pressão ao longo do perfil aerodinâmico, para os diferentes ângulos de ataque. Sendo que no intradorso obtiveram-se menores pressões comparadas com o extradorso, esta diferença de pressão estática existente entre os dorsos torna-se responsável pela criação da força de sustentação, criando possibilidade de voo.

Percebe-se na Fig. 3 que para um ângulo de ataque nulo, a diferença entre a pressão no extradorso e intradorso é muito baixa, principalmente no bordo de fuga onde a pressão no extradorso é maior que a pressão no intradorso, não gerando força de sustentação.

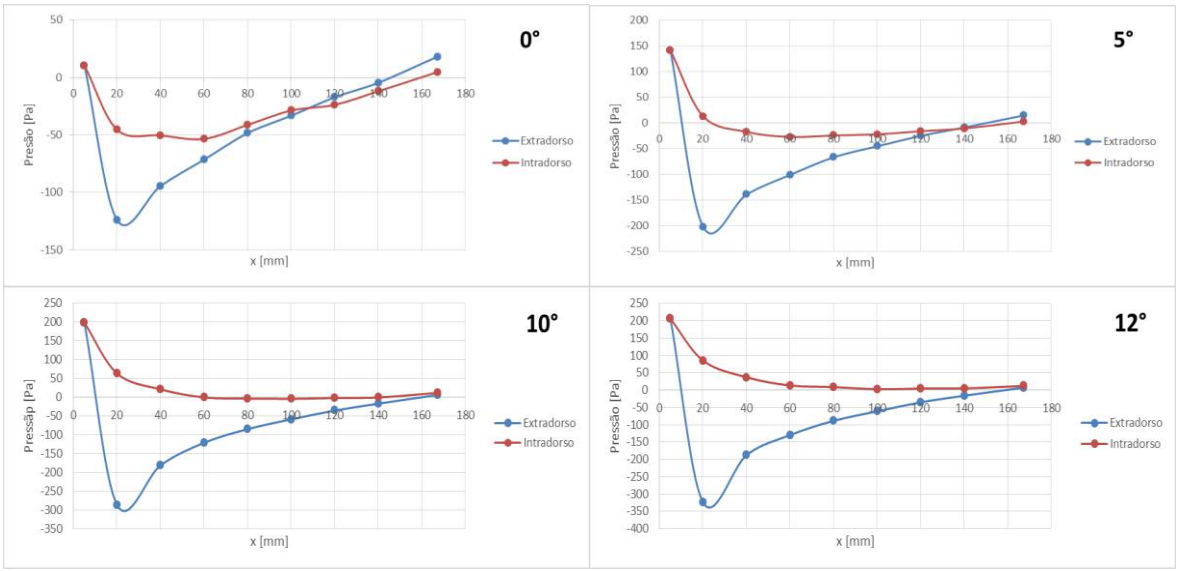



Figura 3 - Distribuição de pressão ao longo do perfil para os ângulos 0 º,5 º,10 º e 12º.

Com o aumento do ângulo de ataque pode-se identificar claramente o ponto de maior pressão (ponto 1) chamado ponto de estagnação, local onde apresenta as menores velocidades atuando no perfil e consequentemente as maiores pressões. Logo após o ponto de estagnação, observa-se uma grande diminuição de pressão devido ao grande ganho de velocidade, que finalmente se recupera devido á diminuição de velocidade ao longo do perfil. Isto ocorre porque nesta configuração, o aerofólio está posicionado em relação ao escoamento, onde o intradorso recebe diretamente o escoamento e o extradorso acaba forçando o escoamento a percorrer sua superfície, apresentando assim um aumento da velocidade e uma diminuição de pressão no dorso. Gerando, portanto um aumento na diferença de pressões entre o extradorso e o intradorso, e consequentemente uma maior força de sustentação. A Fig. 4 apresenta a distribuição de pressão para os ângulos de ataque 15 º e 18º.

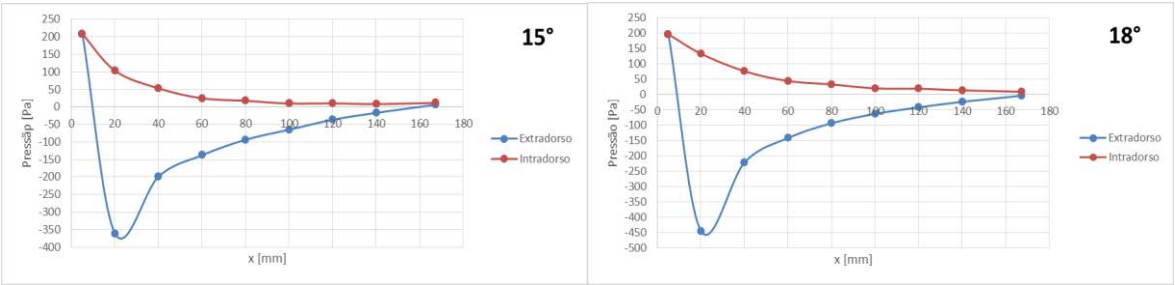



Figura 4. Distribuição de pressão ao longo do perfil para os ângulos 15 º e 18º.

Com a inclinação de 18º começa a aparecer as características de estol sobre o perfil aerodinâmico, com uma diminuição do ponto de estagnação além de ser possível analisar um descolamento precoce da camada limite, gerando um aumento de pressão no extradorso. O perfil NACA 23015, cria sua força de sustentação quase que na sua totalidade no bordo de ataque, possibilitando a presença do descolamento no bordo de fuga do perfil. Apresentando, portanto a maior diferença de pressão entre os dorsos, caracterizando um ângulo de ataque máximo. Aumentando o ângulo até 20° Fig. 5, observa-se uma mudança na distribuição de pressão.

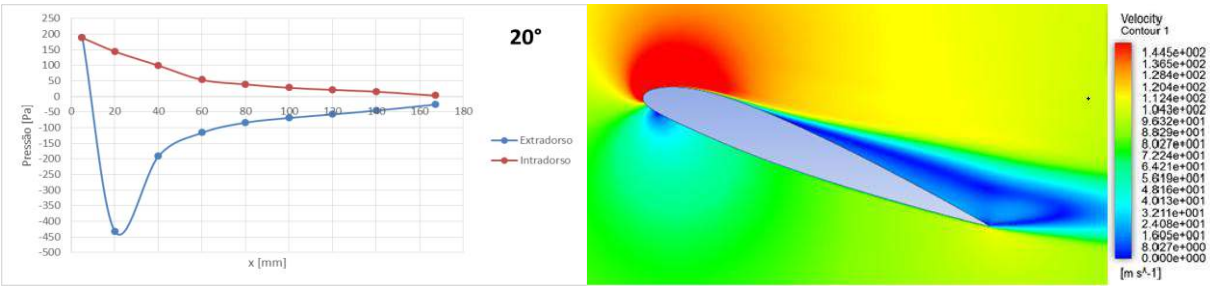



Figura 5. Distribuição de pressão para 20º e Descolamento da camada limite, α = 20° (Vínicius, 2015).

Para o ângulo de 20º, a pressão no extradorso aumenta no bordo de ataque do perfil, local que gera a maior parte da sustentação, e a pressão no intradorso diminui em relação ao ângulo de 18º, diminuindo portanto a diferença de pressão entre os dorsos. Evidenciando-se claramente que o perfil já atingiu o estado de estol, causando uma queda da força de sustentação atuando no perfil. Isto ocorre basicamente pelo avanço do descolamento da camada limite para o bordo de ataque, impedindo que o escoamento percorra todo o extradorso do perfil, esse deslocamento da camada limite acaba gerando no extradorso uma região de baixa velocidade, aumentando assim a pressão atuante no dorso, analisando a Fig. 5b podemos visualizar esse avanço da camada limite, podendo identificar em azul a região de baixa velocidade criada no extradorso do perfil.

Analisando os resultados, pode-se concluir que o perfil NACA 23015 apresenta sua maior diferença de pressão, para o ângulo de 18º, ângulo que apresenta a maior força de sustentação, e para o ângulo de 20º observa-se uma grande diminuição entre as diferenças de pressão, apresentando claramente o estado de estol.

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos de forma experimental para o perfil NACA 23015 apresentam para um ângulo de 0º uma baixa sustentação já que a diferença de pressão entre o extradorso e o intradorso é muito pequena. Conforme o ângulo de ataque aumenta para 5º,10º,12º,15º a diferença entre as pressões aumentam, aumentando a sustentação da asa. Isso ocorre devido a condição favorável do escoamento, facilitando o escoamento nas duas superfícies. O ângulo de 18º apresenta a maior diferença de pressão entre as superfícies, encontrando assim a maior força de sustentação. Ao atingir o ponto de 20º observa-se uma diminuição significativa da diferença de pressão, caracterizando que o perfil já entrou em estado de estol. Pôde-se assim definir que o ângulo de sustentação máxima é de aproximadamente 18º e após isso o perfil entra em estado de estol.

Os resultados experimentais obtidos no presente trabalho foram comparados com os resultados numéricos apresentados por Marchetto (2016), que realizou as medições utilizando o software comercial de CFD ANSYS v15, apresentando boa concordância entre eles.

De modo geral a metodologia utilizada, apresentou resultados confiáveis através da comparação entre os dados obtidos e os encontrados na literatura.

## 7. REFERÊNCIAS

ANAC. Agencia Nacional de Aviação Civil – Conheça um pouco sobre a Aviação Agrícola. 2016. Home Page: <http://www.anac.gov.br/noticias/2016/conheca-um-pouco-sobre-a-aviacao-agricola>. Acesso em: 19 de ago. 2017.

BIASI, F. A. A, *2010. Características do Estol nas Asas da Aeronaves.* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo. Brasil.

CENIPA. Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira – Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. 2016. Home Page: <http://www2.fab.mil.br/cenipa/>. Acesso em: 20 de ago. 2017.

LAGE, Y. E., *2009. Engenharia Aeroespacial.* IST – Instituto Superior Técnico. Lisboa. Portugal.

LAN,D. I. T., 1997. *Airplane Aerodynamics and Performance.* Kansas: DARcorporation.United States of America.

MARCHETTO, V.G., *2016. Analise Computacional de Perfis Aerodinâmicos de Asa de Aviões Agrícolas.* Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai das Missões. Erechim. Brasil.

OLIVEIRA, T. F., *2011. Estudo Experimental do Estol Dinâmico em um Aerofólio NACA 0018*. Universidade de Brasília. Brasília. Brasil.

RIBEIRO, F. A., *2011. Analise Aerodinâmica de Perfis de Asa para Aeronaves Experimentais tipo JN-1*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. Brasil.

SAINTIVE, S. N., *2006.Teoria do voo: Introdução a aerodinâmica*. 4 eds. São Paulo: ASA.

SULLIVAN, A., *2010. Aerodynamic forces acting on an airfoil.* Physics Wooster. United States of America.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS EM MOTORES A DIESEL OPERANDO COM IGNIÇÃO POR COMPRESSÃO – UMA REVISÃO

**Italo Rosa Policena**
**Rafael Vogt**
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Santa Maria, RS - BRASIL
italopolicena@hotmail.com
rvogt@unisc.br

**Mario Eduardo Santos Martins**
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Santa Maria, RS - BRASIL
mario@mecanica.ufsm.br

***Resumo***

*O crescimento da demanda energética e a segurança no fornecimento de energia tornaram-se um fator preocupante. O alto custo dos combustíveis fósseis e a necessidade de reduzir a emissão de gases de efeito estufa tornaram as fontes renováveis de energia um objeto atraente na economia mundial. Neste contexto a biomassa torna-se interessante e é a segunda maior fonte de energia renovável no Brasil pois possui muitas características similares aos combustíveis fósseis. A energia pode ser obtida pela queima direta ou através da conversão em biocombustíveis, como o biogás. O biogás é composto basicamente dióxido de carbono e metano. O metano se lançado diretamente na atmosfera pode trazer sérios problemas, pois seu potencial de impacto de efeito estufa é considerado 21 vezes maior que o $CO_2$, tornando sua queima interessante do ponto de vista ambiental. Verificou-se que as emissões de NOx e material particulado podem ser reduzidas simultaneamente pela aplicação da combustão RCCI. Já as emissões de HC e CO são maiores do que a combustão convencional do diesel em algumas configurações. As emissões de HC e CO são maiores do que a combustão convencional do diesel, mas é menor do que a combustão de diesel com ponto de injeção adiantado.*

***Palavras-chave:*** *Biogás, RCCI, Dual Fuel, Motores Diesel*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (2015), estima-se que a população mundial atingirá a marca de 8,5 bilhões de pessoas no ano de 2030. O Brasil contabiliza hoje 207.848 habitantes e estima-se que alcançará 228.663 habitantes em 2030. Com isso, a produção de efluentes para tratamento apresentará um aumento considerável.

No Brasil a capacidade de produção de energia através da biomassa é de apenas 8,73% da capacidade total, sendo que destes, só 3,3 % são provenientes de resíduos animais. Considerando a concentração em grandes centros urbanos e a expressiva produção agropecuária e agroindustrial, existe um grande potencial a ser explorado (ANEEL, 2018).

O biogás é produto da digestão anaeróbia e tem em sua composição básica o metano ($CH_4$), dióxido de carbono ($CO_2$) e sulfeto de hidrogênio ($H_2S$). A digestão anaeróbia é parte do processo onde bactérias atacam as estruturas da matéria orgânica para produzir compostos como metano, dióxido de carbono e água, formando assim o biogás, isto é feito através de um equipamento conhecido como biodigestor. (STARR et. al. 2012)

O biogás produzido pode ser queimado diretamente para obtenção de energia térmica ou convertido em energia mecânica através da combustão em motores. Os motores de combustão interna há muito tempo desempenham um papel indispensável em nossas vidas, devido à ampla gama de aplicações e confiabilidade. Os dois tipos mais comuns de motores de combustão interna são motores de ignição por centelha (SI) e motores de ignição por compressão (CI). Os motores CI são amplamente utilizados devido a sua grande eficiência térmica, pois operam com maiores razões de compressão e menor carga de ar-combustível, possui um baixo consumo de combustíveis e baixas emissões de hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono ($CO_2$) em relação aos motores SI. No entanto, os principais desafios para motores de CI são níveis relativamente altos de material particulado (MP) e óxidos de nitrogênio ($NO_x$). Nos últimos anos, os regulamentos para as emissões de MP e $NO_x$ dos motores a diesel se fortaleceram, e com isto várias novas soluções foram propostas. A ignição por compressão controlada por reatividade

*(RCCI)* é uma das estratégias de combustão recentemente desenvolvida para uso em motores de CI que demonstraram produzir altas eficiências térmicas e, simultaneamente, baixas emissões de MP e $NO_x$. A *RCCI* emprega a mistura de dois combustíveis com propriedades de autoignição distintas, com intuito de criar uma distribuição ideal de reatividade do combustível na câmara de combustão, como exemplo destas misturas tem-se: gasolina-diesel, etanol-diesel, gasolina-gasolina, biogás-diesel, entre outras. Por estas razões, os biocombustíveis líquidos e gasosos foram sujeitos a intensivos trabalhos de pesquisa em todo o mundo, pois são combustíveis alternativos e bastante atraentes. (YOON e LEE, 2011; FANG, 2016).

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho busca avaliar a influência da combustão em modo *RCCI*, referente ao desempenho e emissões de um motor diesel operando com biogás-diesel, além de um comparativo entre operação convencional (combustão convencional com diesel) e a operação *RCCI* (biogás-diesel). Para a realização da revisão bibliográfica, foram utilizados o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) assim como os portais da *Science Direct, Scopus e Google Scholar*, além consultas a livros e artigos publicados em anais de eventos científicos. Isso foi feito com o intuito de realizar o embasamento teórico, imprescindível para a realização da pesquisa.

A palavra-chave utilizada na pesquisa foi *Biogás* correlacionada com cada uma das seguintes palavras-chave: *RCCI*, *Dual Fuel* e Motores Diesel. Nesta investigação foram estudados paramentos como a pressão no cilindro, temperatura dos gases de escape, consumo específico de combustível (BSFC), pressão efetiva média indicada (IMEP), pressão efetiva média de freio (BMEP), gases de escape recirculados (EGR), Taxa de liberação de calor (ROHR), além dos dados de potência e torque. Com relação as emissões, foram avaliadas as concentrações de CO, $CO_2$, HC, $NO_x$ e MP.

## 3. O USO DO BIOGÁS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Em geral os combustíveis gasosos são amplamente utilizados nos motores de combustão interna devido a sua capacidade de formar uma boa mistura com o ar, seus amplos limites de inflamabilidade e as altas temperaturas de autoignição permitem operações com altas razões de compressão e misturas mais pobres, trazendo boa eficiência térmica e baixas emissões. O biogás pode ser uma boa alternativa para a geração de energia em áreas rurais, pois pode ser produzido próximo aos pontos de consumo, como grupos geradores, moto bombas, entre outros. O biogás contém cerca de 65% de $CH_4$, e o restante é principalmente $CO_2$. A presença de $CO_2$ no biogás pode ajudar a reduzir as emissões de $NO_x$, por outro lado uma alta proporção de gás inerte pode afetar adversamente a qualidade de combustão de $CH_4$, podendo levar a diminuição da temperatura e da velocidade de propagação da chama do biogás o que leva à instabilidade da combustão. A temperatura de autoignição é alta, os limites de inflamabilidade são baixos e a velocidade da chama também é baixa. (NATHAN et al., 2010; PARK et al., 2011; WANG et al., 2016).

Pesquisas recentes mostram que as propriedades físico-químicas dos combustíveis provenientes da biomassa têm grande influência no desempenho do motor e nas emissões. O biogás vem recebendo grande atenção dos pesquisadores, pois é um combustível que tem um custo baixo de preparação e uma ampla fonte de matéria prima. Uma das formas de combustão que vem sendo pesquisada recentemente é a aplicação de biogás em motores de ignição por compressão sob diferentes modos de combustão, como a ignição por compressão de carga homogênea (*HCCI)* e *RCCI*. Considerando os problemas do modelo HCCI no controle de ignição, a combustão em modo *RCCI* com biogás-diesel torna-se mais atraente e tem sido amplamente estudada. (DIVYA et al., 2014; FANG et al., 2016; RAKOPOULOS et al., 2015)

### 3.1 Ignição por compressão controlada por reatividade *(RCCI)*

A *RCC*I é uma tecnologia de combustão que foi desenvolvida nos laboratórios do Centro de Pesquisa de Motores da Universidade de Wisconsin-Madison. A *RCCI* é uma variação da HCCI, que possibilita um maior controle sobre o processo de combustão e tem o potencial de reduzir o consumo de combustível e as emissões. A *RCCI* utiliza uma mistura com pelo menos dois combustíveis de diferentes reatividades, sendo está controlada por injeções múltiplas no cilindro, com isso se consegue otimizar a fase, duração e magnitude da combustão. O processo envolve a introdução de um combustível de baixa reatividade no cilindro para criar uma carga homogênea entre este combustível, ar e gases de escape recirculados (EGR). O combustível de alta reatividade é injetado antes que a ignição do combustível pré-misturado ocorra usando injeções simples ou múltiplas diretamente na câmara de combustão. A *RCCI* permite a otimização da combustão e reduzindo as emissões. Ajustando apropriadamente as reatividades das misturas de combustível, suas quantidades relativas, ponto de injeção e combustão podem ser ajustados para atingir um ponto ótimo entre eficiência de combustível, controle de $NO_x$ e controle de MP. Fatores estruturais como razão de compressão e geometria de pistão também podem afetar as características de combustão em modo *RCCI*. O sistema de gerenciamento

do motor e os possíveis combustíveis utilizados nos motores *RCCI* também são cruciais para determinar os processos de evaporação, mistura e combustão. (LI et al, 2017; REITZ e DURAISAMY, 2015; WERC, 2018)

### 3.2 Biogás em motores de ignição por compressão (*Dual Fuel e RCCI*)

Os motores de ignição por compressão são largamente utilizados na mobilidade devido à alta eficiência térmica e baixas emissões de HC, CO e $CO_2$ em comparação aos motores de ignição por centelha. Em contrapartida os motores CI emitem $NO_x$ e uma maior quantidade de MP, o que não é interessante do ponto de vista ambiental. Neste sentido o biogás surge como fonte promissora, considerada como um recurso alternativo de energia limpa, pois tem menor impacto na poluição em relação aos combustíveis líquidos fósseis. (YOON e LEE, 2011)

O teor de $CH_4$ no biogás, cerca de 65%, o torna mais resistente ao fenômeno da detonação. Isso ocorre devido ao maior número de octanas e a temperatura de autoignição, tornando-o apropriado para utilização em motores com altas razões de compressão. Neste contexto, é economicamente e ambientalmente vantajoso utilizar combustível gasoso em motores a diesel que operem em modo de combustão *dual fuel*, pois este modo oferece um grande potencial para reduções substanciais nas emissões de $NO_x$ e MP, ao mesmo tempo proporciona uma elevada eficiência térmica. (SAHOO et al., 2009)

No processo de combustão em modo *dual fuel* o biogás é introduzido na admissão, posteriormente é misturado com o ar antes da entrada na câmara de combustão. Devido à alta temperatura de autoignição do biogás, a mistura só é inflamada ao final do curso de compressão, que é quando o combustível líquido (diesel) é injetado na câmara de combustão. Este modo de combustão permite queima de misturas bastante pobres, com baixas temperaturas de combustão, o que resulta em uma redução nos níveis de emissão de $NO_x$. (MUSTAFI et al., 2013)

Shan et al (2016) pesquisaram os efeitos da taxa de EGR e relações de hidrogênio ($H_2$) / $CO_2$ com 5% de nitrogênio ($N_2$), nas características de um motor diesel operando com biogás em modo *dual fuel*. Foram testadas duas composições, o biogás 1 com ($H_2$:5%; $CO_2$:40%; $CH_4$:50%; $N_2$:5%) e o biogás 2 com ($H_2$:15%; $CO_2$: 30%; $CH_4$:50%; $N_2$:5%). Os experimentos mostraram que, com o aumento das taxas de EGR, os atrasos da fase de combustão e o atraso de ignição foram maiores e as emissões de $NO_x$ diminuíram. Para uma taxa de EGR de mais de 50% houve uma inibição efetiva. Com relação ao tamanho do MP da combustão com biogás-diesel, a concentração de MP de modo nuclear foi alta, especialmente para o biogás 1. As eficiências térmicas indicadas caíram gradualmente à medida que a taxa de EGR aumentou. Verificou-se que com o mesmo nível de EGR, o biogás 2, com maior proporção de $H_2$ teve maior reatividade quando misturado ao diesel. Com a injeção do biogás 2, as emissões de $NO_x$ foram muito maiores, bem como nesta condição as eficiências térmicas mais altas foram alcançadas.

Yoon e Lee (2011) investigaram a influência da combustão *dual fuel* nas emissões e no desempenho de um motor diesel abastecido com biogás-biodiesel. A pressão no cilindro e a taxa de liberação de calor foram avaliadas em diversas condições, a fim de analisar as características de combustão e emissões para a combustão convencional com diesel, combustão convencional com biodiesel e *dual fuel* (biogás-diesel e biogás-biodiesel). Além disso, para comparar os desempenhos do motor e as características de emissões, também foram investigados o consumo específico de combustível a temperatura dos gases de escape e a eficiência em várias condições de teste. O biogás foi injetado durante o processo de admissão por dois injetores controlados eletronicamente, instalados no coletor de admissão. As características da combustão convencional com diesel e combustão convencional com biodiesel tiveram padrões de pressão de cilindro e taxa de liberação de calor semelhantes em várias cargas do motor. Em modo *dual fuel* o pico de pressão e a taxa de liberação de calor para o biogás-biodiesel são ligeiramente inferiores aos da combustão de biogás-diesel em baixas cargas. Com cargas mais altas o biogás-biodiesel apresentou pico de pressão, taxa de liberação de calor e a pressão média efetiva indicada um pouco mais alta do que a combustão convencional com diesel. Os atrasos de ignição no modo *dual fuel* foram mais longos tanto no biogás-diesel quanto no biogás-biodiesel em relação a operação combustão convencional com diesel, isso se deve à redução da temperatura da mistura ar-gás. O biodiesel teve um atraso de ignição mais curto tanto na operação convencional quanto na operação *dual fuel* em relação a operação com diesel convencional, em todas as condições de teste. Isso se deve ao curto período de injeção, ao alto índice de cetano ($C_{16}H_{34}$) e ao teor de oxigênio ($O_2$) do biodiesel. As temperaturas dos gases de escape foram ligeiramente inferiores no modo *dual fuel* em comparação com o modo convencional. A menor temperatura do gás de escape foi causada pela diminuição da temperatura de mistura com o biogás e a fase de combustão retardada. Com cargas baixas (20% e 40%), os consumos específicos totais para o modo *dual fuel* em ambos os combustíveis foram consideravelmente mais altos do que para a combustão convencional com diesel e combustão convencional com biodiesel. Em altas cargas (acima de 80%), o aumento da conversão de biogás em trabalho levou a uma grande melhoria do total de consumo específico de combustível em modo *dual fuel*. Quanto as emissões, os valores de $NO_x$ foram significativamente menores no modo *dual fuel* para os dois combustíveis em todas as condições de teste. Além disso, o biogás-biodiesel exibiu desempenho superior na redução de emissões de MP devido à ausência de aromáticos, baixo teor de enxofre (S) e possibilidade de operações mais pobres. As concentrações de emissões de HC e CO foram maiores no modo *dual fuel* para os dois combustíveis em todas as condições de teste. Com a injeção do biogás, o aumento proporção de $CO_2$ na admissão levou também a um aumento de emissões do mesmo nos gases de escape no modo *dual fuel*. A combustão do biodiesel no

modo convencional e no modo *dual fuel* produziu maiores emissões de $CO_2$, devido de $O_2$ presente no biodiesel, permitindo assim que mais emissões de CO fossem oxidadas em $CO_2$.

Talibi et al (2017) compreenderam as características de combustão e emissões em um motor diesel de injeção direta naturalmente aspirado operando com misturas de $CH_4$-$CO_2$ e $CH_4$-$CO_2$-$H_2$, onde o combustível piloto utilizado foi o diesel. A carga do motor variou entre 0 e 7 bar de IMEP ajustando-se apenas o fluxo das misturas aspiradas. Os resultados mostraram um maior atraso de ignição e menores taxas de liberação de calor quando a proporção de $CO_2$ foi aumentada na mistura aspirada. Observou-se que as emissões de $CO_2$ na exaustão eram mais elevadas para a mistura $CH_4$: 60%; $CO_2$: 40%, mas menores para a mistura $CH_4$: 80%; $CO_2$: 20% em comparação com a combustão do motor operando somente com diesel em todas as cargas do motor. As emissões de $NO_x$ aumentam rapidamente quando as temperaturas no cilindro ultrapassam o limite para a de formação de $NO_x$. O efeito de absorção de energia térmica do $CO_2$ resultou em uma menor emissão de $NO_x$ da mistura $CH_4$: 60%; $CO_2$: 40% em comparação com a mistura $CH_4$: 80%; $CO_2$: 20%. Quanto às emissões de MP para a mistura $CH_4$: 60%; $CO_2$: 40% foram observadas como sendo maiores do que a mistura $CH_4$: 80%; $CO_2$: 20% e que o diesel único. A inclusão de $H_2$ na mistura $CH_4$: 60%; $CO_2$: 40% reduziu significativamente as emissões de MP, devido às temperaturas de chama mais altas. O $CO_2$ no biogás reduziu consideravelmente as temperaturas do gás no cilindro que baixaram as emissões de $NO_x$, mas ao mesmo tempo aumentaram as emissões de CO, HC não queimados e MP, devido à redução das taxas de oxidação térmica.

Park e Yoon (2016) verificaram o efeito da operação em modo *RCCI* na combustão e emissões de um motor diesel monocilíndrico, a fim de reduzir simultaneamente as emissões de escape, mantendo o desempenho de combustão. Foram testados os modos biogás-diesel e gasolina-diesel. O diesel usado como fonte de ignição foi injetado de forma bastante adiantada, a 40º antes do ponto morto superior, já o biogás e a gasolina foram injetados próximos do ponto morto superior. Na operação com diesel, o avanço do tempo de injeção induziu a uma redução significativa da pressão média efetiva indicada, no entanto, isso pôde ser recuperado através da aplicação de uma estratégia de combustão dupla. Os resultados mostraram que o tempo de injeção adiantado e o aumento da taxa de injeção na admissão levaram ao aumento da pressão média efetiva indicada, podendo atingir o nível de combustão convencional com diesel. O aumento da taxa de injeção na admissão causou um maior atraso de ignição. Além disso, o aumento do atraso de ignição no diesel-biogás é maior do que o diesel-gasolina. A emissão de $NO_x$ e MP pode ser simultaneamente reduzida pela aplicação de combustão *RCCI*, bem como a redução de MP. As emissões de HC e CO na operação em modo *RCCI* foram mais altas que a combustão convencional com diesel.

Yilmaz e Gumus (2017) estudaram o efeito na combustão e nas emissões de um motor diesel operando com biogás e revestimento de barreira térmica. As experiências foram realizadas em um motor de quatro cilindros, turbo alimentado e com injeção *common-rail*. Foram testadas as configurações com revestimento e sem revestimento no modo biogás-diesel e combustão convencional com diesel. As câmaras dos pistões foram revestidas com revestimento principal de zircônia estabilizada com espessura de 400 µm sobre um revestimento de ligação de Ni-Al de 100 µm de espessura. Os resultados mostraram que a mistura homogênea de combustível gasoso e ar causou altas pressões nos cilindros. O revestimento mostrou-se eficiente para diminuir as emissões sob o modo *dual fuel* (biogás-diesel). No modo *dual fuel*, foram obtidas altas pressões no cilindro, no entanto, as altas pressões no modo *dual fuel* ocorreram perto do ponto morto superior e não puderam ser convertidas em trabalho efetivo. A análise da taxa de aumento de pressão mostrou que alguns parâmetros de combustão indesejados, como altas pressões de cilindro, ocorreram no modo *dual fuel*, especialmente com o revestimento. As taxas de liberação de calor foram menores em cargas baixas e médias no modo *dual fuel*, comparado ao modo combustão convencional com diesel. Já para cargas maiores, houve um aumento da taxa de liberação de calor devido à maior taxa de combustão. As emissões de HC foram maiores no modo *dual fuel*, já as emissões de $NO_x$ foram menores em baixa carga. Com o aumento da carga do motor, as emissões de $NO_x$ em modo *dual fuel* aumentam em comparação com o modo combustão convencional com diesel. Já o revestimento térmico não obteve efeito significativo nas emissões de $NO_x$ no modo de combustão convencional com diesel, mas as emissões de MP diminuíram com o biogás e o revestimento de barreira térmica.

### 3.3 Biogás em motores de ignição por centelha

A combustão nos motores do ciclo Otto se dá a partir da ignição por faísca de uma mistura de ar e combustível, o que torna bastante simples a modificação para se trabalhar com biogás. A principal modificação está no processo de mistura do ar ao biogás, onde se faz necessário o corte da alimentação de combustível líquido, (normalmente é feito através de um sistema de injeção eletrônica ou do carburador nos sistemas mais antigos), neste caso o carburador ou a injeção eletrônica passa a controlar apenas a entrada do ar na admissão. O biogás é injetado diretamente na admissão, substituindo o combustível líquido.

Sendzikiene et al (2015) experimentou o impacto do biogás nas características energéticas e emissões de um motor SI, e constatou que a aplicação do biogás resulta em uma produção de energia inferior em relação a operação com gasolina. Este efeito se deu pela diminuição da eficiência volumétrica, em virtude de o biogás ocupar o lugar de parte do ar de admissão. O biogás também impactou a eficiência e a velocidade da combustão, resultando na redução da eficiência térmica no motor. Também foi observado que o $CO_2$ presente no biogás reduziu a intensidade do processo de combustão, aumentou o teor de CO nos gases de escape, mas por outro lado reduziu as emissões de $NO_x$.

Kwon et al (2017) realizaram um estudo para verificar a influência da razão de compressão no desempenho de um motor de combustão interna operando com biogás. A razão de compressão foi aumentada de 8,01: 1 para 9,22: 1, onde com essa modificação a potência máxima de freio foi 21,8% maior, a eficiência térmica de freio aumentou em 7,8% e o consumo específico de combustível diminuiu, passando de 290 g/h para 218 g/h. além disso, a fim de examinar o efeito da composição do biogás no desempenho do motor, foram testadas várias razões de diluição de $CO_2$ para a razão de compressão de 9,22: 1. Verificou-se que com o aumento da diluição de dióxido de carbono de 0% para 40%, o desempenho do motor foi penalizado, a potência máxima de saída do freio diminuiu de 2,68 kW para 1,55 kW e o consumo específico de combustível na potência máxima de frenagem foi 1,5 vezes maior em comparação com o do motor que é abastecido com 100% de $CH_4$, sugerindo então que o desempenho do motor SI alimentado a biogás cresce com o aumento da razão de compressão, ao passo que se degrada com o aumento da diluição de $CO_2$.

Qian et al (2017) revisaram os mecanismos de combustão do biogás e sua aplicação em motores de combustão interna e concluíram que um dos principais desafios da aplicação em grande escala do biogás vem da instabilidade de seus componentes, que se deve as diferenças nos processos de produção e os tipos de materiais primas e que dificulta o controle efetivo da combustão no motor. Outra verificação importante foi que certa proporção de $H_2$ adicionada ao biogás pode melhorar as propriedades de combustão.

Arroyo et. al (2014) analisaram os resultados da combustão de um motor SI operando com gases sintéticos obtidos através da decomposição do biogás. Os resultados foram comparados com a operação convencional a gasolina em uma ampla gama de velocidades e três razões de equivalência. Os gases obtidos na decomposição do biogás foram o metano ($CH_4$ - 100%), o gás sintético 1 ($H_2$:23%; CO:23%; $CH_4$:26%; $CO_2$:28%) e o gás sintético 2 ($H_2$:40%; CO:39%; $CH_4$:11%; $CO_2$:10%). Os resultados mostraram que as frações de $H_2$ nos gases sintéticos aumentaram as pressões máximas dentro do cilindro. Além disso, as pressões de pico foram detectadas mais perto do ponto morto superior do que o $CH_4$. Apesar da fração de diluentes na composição dos gases sintéticos, altas velocidades e misturas mais pobres resultaram em maiores eficiências indicadas do que as obtidas com a gasolina. Além disso, a velocidade de combustão e a taxa de liberação de calor foram fortemente influenciadas pela proporção de diluentes e $H_2$ em misturas gasosas. O teor de CO e $CO_2$ na composição dos gases sintéticos contribuiu para aumentar as concentrações dos gases poluentes em comparação com os outros combustíveis, enquanto o HC diminuiu devido à pequena fração de $CH_4$ que permaneceu inalterada. Embora as emissões de $NO_x$ tenham sido diminuídas por diluentes, como $CO_2$ e excesso de ar, a alta fração de $H_2$ na composição de gás de síntese envolveu emissões elevadas de $NO_x$ devido ao aumento da temperatura da chama que o $H_2$ produziu.

Porpatham et. al (2008) buscaram entender a influência do $CO_2$ nas emissões e no desempenho de um motor usando biogás como combustível. Verificou-se um aumento do poder calorífico inferior e consequentemente um aumento da potência máxima de freio e eficiência térmica quando se reduziu a concentração de $CO_2$, a detonação foi controlada com o atraso da ignição. Com relação às emissões, os níveis de $NO_x$ aumentaram em concentrações menores de $CO_2$, o que era de se esperar, pois a concentração mais elevada de $CH_4$ leva a maiores temperaturas de combustão. Os menores níveis de HC ocorreram com valores de lambda 0,95 e concentração de $CO_2$ de 20%. Já os níveis mais altos ocorrerão com a utilização de misturas bastante pobres, em virtude da combustão incompleta.

## 4. CONCLUSÕES

- Os resultados experimentais dos autores supracitados mostram que o aumento da diluição de EGR na combustão *dual fuel*, levou a atrasos da fase de combustão, ignição prolongada, diminuição da taxa de liberação de calor e emissões de $NO_x$. A inibição efetiva de $NO_x$ é alcançada com taxas de EGR superiores a 50%. Por outro lado, com altas taxas de EGR há um aumento de material particulado.
- As eficiências térmicas indicadas caem gradualmente à medida que a taxa de EGR aumenta. O biogás com uma proporção de hidrogênio tem maior reatividade quando misturado ao diesel, sendo assim maiores eficiências são alcançadas, mas adversamente as emissões de $NO_x$ são maiores.
- As características de combustão convencional com diesel e biodiesel indicaram padrões semelhantes em várias cargas do motor. No modo *dual fuel*, o pico de pressão e taxa de liberação de calor para o biogás-biodiesel foi ligeiramente menor em comparação ao biogás-diesel em baixas cargas. Em cargas mais altas, a combustão de biogás-biodiesel mostrou uma pressão de pico ligeiramente mais alta assim como a taxa de liberação de calor e indicou pressão média efetiva indicada maior que a do diesel.
- As emissões de $NO_x$ foram significativamente mais baixas em modo *dual fuel* tanto para o biogás-biodiesel quanto para o biogás-diesel em comparação com a combustão convencional (somente diesel) em todas as condições de carga do motor. Além disso, o biogás-biodiesel proporcionou desempenho superior em reduções de emissões de material particulado.
- Ensaios mostraram um maior atraso de ignição e menores taxas de liberação de calor quando a proporção de EGR foi aumentada. Observou-se que quanto maior é a diluição de $CO_2$ no biogás maiores são as emissões do mesmo no escapamento. A emissão de $NO_x$ e material particulado podem ser reduzidas simultaneamente pela aplicação da combustão *RCCI*. As emissões de HC e CO são maiores do que a combustão convencional do diesel, mas é menor do que a combustão de diesel com ponto de injeção adiantado.

- O uso de um revestimento de barreira térmica a base de zircônia estabilizada também pode diminuir as emissões de material particulado sob o modo *dual fuel* (biogás-diesel), porém não há efeito significativo na emissão de $NO_x$ na combustão convencional com diesel.

## 5. REFERENCIAS

ANEEL- Agência Nacional De Energia Elétrica, 2018. "Banco de Informações de Geração distribuída no Brasil". 10 fev. 2018 <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm >.

Divya, D., Gopinath, L. R., & Christy, P. M. (2015). A review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *42*, 690-699.

Fang, W. (2016). An Experimental Investigation Of Reactivity-Controlled Compression Ignition Combustion In Diesel Engines Using Hydrous Ethanol.

Kwon, E. C., Song, K., Kim, M., Shin, Y., & Choi, S. (2017). Performance of small spark ignition engine fueled with biogas at different compression ratio and various carbon dioxide dilution. *Fuel*, *196*, 217-224.

Li, J., Yang, W., & Zhou, D. (2017). Review on the management of RCCI engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *69*, 65-79.

Mustafi, N. N., Raine, R. R., & Verhelst, S. (2013). Combustion and emissions characteristics of a dual fuel engine operated on alternative gaseous fuels. *Fuel*, *109*, 669-678.

Nathan, S. S., Mallikarjuna, J. M., & Ramesh, A. (2010). An experimental study of the biogas–diesel HCCI mode of engine operation. *Energy Conversion and Management*, *51*(7), 1347-1353.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Novo estudo da ONU indica que mundo terá 11 bilhões de habitantes em 2100. Brasil, 2016. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/novo-estudo-da-onu-indica-que-mundo-tera-11-bilhoes-de-habitantes-em-2100/>. Acesso em: 18 de out. 2016.

Park, C., Park, S., Lee, Y., Kim, C., Lee, S., & Moriyoshi, Y. (2011). Performance and emission characteristics of a SI engine fueled by low calorific biogas blended with hydrogen. *International Journal of hydrogen energy*, *36*(16), 10080-10088.

Park, S. H., & Yoon, S. H. (2016). Effect of dual-fuel combustion strategies on combustion and emission characteristics in reactivity controlled compression ignition (RCCI) engine. *Fuel*, *181*, 310-318.

Porpatham, E., Ramesh, A., & Nagalingam, B. (2008). Investigation on the effect of concentration of methane in biogas when used as a fuel for a spark ignition engine. *Fuel*, *87*(8-9), 1651-1659.

Qian, Y., Sun, S., Ju, D., Shan, X., & Lu, X. (2017). Review of the state-of-the-art of biogas combustion mechanisms and applications in internal combustion engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *69*, 50-58.

Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., & Giakoumis, E. G. (2015). Impact of properties of vegetable oil, bio-diesel, ethanol and n-butanol on the combustion and emissions of turbocharged HDDI diesel engine operating under steady and transient conditions. *Fuel*, *156*, 1-19.

Reitz, R. D., & Duraisamy, G. (2015). Review of high efficiency and clean reactivity controlled compression ignition (RCCI) combustion in internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, *46*, 12-71.

Sahoo, B. B., Sahoo, N., & Saha, U. K. (2009). Effect of engine parameters and type of gaseous fuel on the performance of dual-fuel gas diesel engines—A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(6-7), 1151-1184.

Shan, X., Qian, Y., Zhu, L., & Lu, X. (2016). Effects of EGR rate and hydrogen/carbon monoxide ratio on combustion and emission characteristics of biogas/diesel dual fuel combustion engine. *Fuel*, *181*, 1050-1057.

Sendzikiene, E., Rimkus, A., Melaika, M., Makareviciene, V., & Pukalskas, S. (2015). Impact of biomethane gas on energy and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with a stoichiometric mixture at various ignition advance angles. *Fuel*, *162*, 194-201.

Starr, K., Gabarrell, X., Villalba, G., Talens, L., & Lombardi, L. (2012). Life cycle assessment of biogas upgrading technologies. *Waste Management*, *32*(5), 991-999.

Talibi, M., Hellier, P., & Ladommatos, N. (2017). Combustion and exhaust emission characteristics, and in-cylinder gas composition, of hydrogen enriched biogas mixtures in a diesel engine. *Energy*, *124*, 397-412.

Yilmaz, I. T., & Gumus, M. (2017). Investigation of the effect of biogas on combustion and emissions of TBC diesel engine. *Fuel*, *188*, 69-78.

Yoon, S. H., & Lee, C. S. (2011). Experimental investigation on the combustion and exhaust emission characteristics of biogas–biodiesel dual-fuel combustion in a CI engine. *Fuel processing technology*, *92*(5), 992-1000.

Wang, Q., Chen, X., Jha, A. N., & Rogers, H. (2014). Natural gas from shale formation–the evolution, evidences and challenges of shale gas revolution in United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *30*, 1-28.

WERC - Wisconsin Engine Research Consultants, 2018**. "**Reactivity Controlled Compression Ignition (RCCI). Madison". 15 nov. 2017 <https://www.w-erc.com/services/rcci/>.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO ANALÍTICO E EXPERIMENTAL DE UM TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS OPERANDO EM ESCOAMENTO CRUZADO

**Maicon André Paska**[1]
**Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza**[2]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000
maicon.paska@gmail.com[1] marco@uricer.edu.br[2]

***Resumo.*** *Este trabalho tem como objetivo avaliar a taxa de transferência de calor e o desempenho de um trocador de calor do tipo casco e tubos, conforme condições de operação impostas em uma bancada de testes. Com os testes realizados na bancada experimental e através de um estudo analítico utilizando a média logarítmica das diferenças de temperaturas – MLDT e o método da efetividade-NUT obteve-se a taxa de transferência de calor e a efetividade do equipamento. Pôde-se verificar que a efetividade encontrada para o equipamento foi baixa, o que resultou em uma baixa taxa de transferência de calor se comparada com os valores obtidos analiticamente. A possível causa da variação dos resultados deve-se a pequenos vazamentos encontrados no equipamento, onde o fluido quente misturou-se com o fluido frio.*

***Palavras-chave:*** *Trocador de calor, Efetividade, Taxa de transferência de calor, Casco e tubos.*

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de troca de calor entre dois fluidos que estão a diferentes temperaturas e se encontram separados por uma parede sólida ocorre em muitas aplicações de engenharia. O equipamento usado para implementar essa troca é conhecido por trocador de calor, e suas aplicações específicas podem ser encontradas no aquecimento de ambientes e no condicionamento de ar, na produção de potência, na recuperação de calor em processos e no processamento químico (Incropera et al., 2008).

Trocadores de calor são equipamentos amplamente utilizados em diferentes tipos de indústrias, como por exemplo, em centrais termelétricas, indústrias do ramo alimentício, plantas de extração e refino de óleo vegetal, indústria química, em plantas de cogeração de energia, indústria petrolífera entre outras.

Este estudo é baseado em um trocador de calor casco e tubos real, o qual se encontra disponível no laboratório de engenharia mecânica da URI campus de Erechim. De início foi realizado um estudo experimental, mensurando as variáveis necessárias para que posteriormente pudessem ser verificadas pelos cálculos executados analiticamente, com o objetivo de comparar os resultados e identificar o desempenho do equipamento.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os primeiros projetos de trocadores de calor casco e tubo surgiram no início do século XX para suprir as necessidades da indústria de petróleo e das usinas termelétricas. O problema mais sério no primeiro estágio de desenvolvimento dos trocadores de calor não foi a troca térmica, mas sim o cálculo mecânico dos vários componentes, especialmente os espelhos de tubos. Seguiram-se vários problemas de fabricação, mas, por volta de 1920, eles foram contornados graças aos esforços de um número crescente de fabricantes (Ribeiro, 1984).

O desenvolvimento científico da transferência de calor realizado nas universidades foi interrompido após os anos 40, devido a segunda guerra mundial. Com isso, indústrias e centros privados de pesquisa como o *Heat Transfer Research, Inc.* (HTRI) nos Estados Unidos, *Heat Transfer and Fluid-FlowmService* (HTFS) na Inglaterra, e outros, entraram no campo da pesquisa industrial. Isso resultou na suspensão da divulgação dos conhecimentos disponíveis e do intercâmbio científico. Os métodos mais aperfeiçoados de projeto de trocadores de calor pertencem a esses centros privados e só podem ser adquiridos através de contratos mediante a pagamento (Ribeiro, 1984).

Para a análise do desempenho e projeto de trocadores de calor, têm sido publicados diversos métodos por diferentes autores ao longo dos anos. Entre os mais utilizados estão os da média logarítmica da diferença de temperatura (MLDT) e Efetividade – Número de unidades de transferência (ε-NUT). O método ε-NUT explora basicamente a razão entre a taxa de transferência de calor real e a taxa mínima possível. Outro método importante a ser considerado foi proposto por Bejan (1977 e 1982) baseado na segunda lei da termodinâmica, onde foi introduzido o conceito de irreversibilidade em trocadores de calor. Desta análise, o autor propôs duas correlações, sendo a primeira para o cálculo de geração de

entropia e a segunda um parâmetro adimensional de geração de entropia por unidade de taxa de transferência de calor (Perussi, 2010).

Andrade Neto et al. (2010) apresentaram resultados de otimização de um trocador de calor de casco e tubos. Onde foram avaliadas duas funções objetivo: a minimização do custo total do trocador e a maximização da sinergia de campo. Como variáveis de otimização foram utilizadas: o comprimento dos tubos, o diâmetro externo dos tubos, o espaçamento entre as chicanas e o número de tubos. Apesar de se tratar de um tema largamente abordado na literatura, o trocador de calor de casco e tubos ainda pode ser otimizado geometricamente, permitindo variações construtivas que forneçam um custo inferior, ou um aumento da transferência de calor por convecção sem aumentos elevados da potência de bombeamento.

Aguiar (2014) avaliou o desempenho de um trocador de calor, onde calculou o coeficiente global de troca térmica e constatou que os valores encontrados estão abaixo dos valores indicados na literatura, e sugeriu um número maior amostral de testes. entre os fatores que podem ser elencados como responsáveis pela não obtenção dos parâmetros de troca térmica indicados na literatura estão a ausência de chicanas no casco de ambos os trocadores. A ausência destes anteparos diminui a turbulência do fluido quente que circula pelo casco, diminuindo, assim, o coeficiente de troca térmica do equipamento.

### 2.1 Trocador de calor casco e tubos

A construção deste tipo de trocador de calor é a mais largamente empregada na indústria de processo, motivo o qual a torna mais importante e mais estudada. As razões para tanto estão em diversas considerações, tais como, nas construções casco e tubos é possível obter amplas relações de área de troca térmica, permite a construção em diversos tamanhos, é mecanicamente resistente a tensões originadas na fabricação, transporte e operação. A limpeza do equipamento é razoavelmente simples e quanto à manutenção, os componentes danificados são substituídos com relativa facilidade.

O trocador de calor tipo casco e tubo ilustrado na Figura 1, como pode-se observar é constituído de um casco (*shell*) e vários tubos internos (*tubes*). Neste tipo de trocador de calor um dos fluidos escoará pelo lado dos tubos e o outro pelo lado do casco o qual é forçado por meio de chicanas (*baffles*) a passar perpendicularmente em meio aos tubos, fazendo assim com que aumente o coeficiente convectivo no fluido do lado do casco.

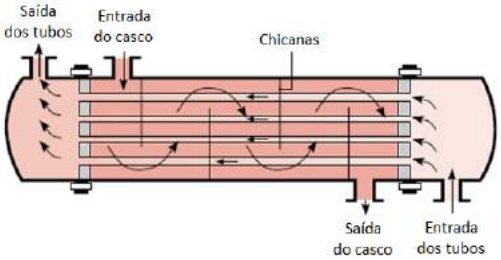



Figura 1. Trocador de calor casco e tubos.

## 3. MÉTODOS ANALÍTICOS

### 3.1 O uso da média logarítmica das diferenças de temperaturas - MLDT

Tanto para o projeto quanto para a análise de desempenho de um trocador de calor é necessário relacionar a taxa total de transferência de calor a grandezas tais como: as temperaturas de entrada e saída dos fluidos, o coeficiente global de transferência de calor e a área superficial total disponível para a transferência de calor.

A forma de $\Delta T_m$ pode ser determinada pela aplicação de um balanço de energia em elementos diferenciais quente e frio. Onde se levam as hipóteses simplificadoras, o trocador de calor encontra-se isolado termicamente da vizinhança, situação na qual a única troca de calor ocorre entre os fluidos quente e frio, a condução axial ao longo dos tubos é desprezível, as mudanças nas energias cinética e potencial são desprezíveis, os calores específicos dos fluidos são constantes e o coeficiente global de transferência de calor é constante. Aplicando um balanço de energia em cada um dos elementos diferenciais $d_q$, da Figura 2, consequentemente conclui-se que a diferença das temperaturas média apropriada é uma média logarítmica das diferenças de temperatura $\Delta T_m$ a qual é representada na Eq. (1) (Incropera et al., 2008).

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \tag{1}$$

A forma específica de $\Delta T_m$ deve ser estabelecida conforme o tipo de escoamento contido no trocador de calor em análise, como pode ser observado a seguir.

As distribuições de temperaturas nos fluidos quente e frio associadas a um trocador de calor com escoamento contracorrente estão mostradas na Figura 2. Ao contrário do trocador de calor com escoamento paralelo, essa configuração proporciona a transferência de calor entre as parcelas mais quentes dos dois fluidos em uma extremidade, assim como entre as parcelas de fluido frio na outra extremidade. Por esse motivo, a variação da diferença de temperaturas em relação ao x não é em posição alguma tão elevada como na região de entrada de um trocador de calor com escoamento paralelo. Agora a temperatura de saída do fluido frio pode ser maior que a temperatura de saído do fluido quente (Incropera et al., 2008).

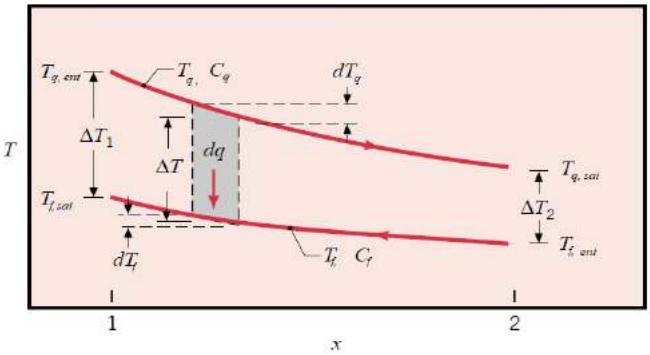



Figura 2. Distribuição de temperaturas em um escoamento contracorrente.

Para o caso de escoamento contracorrente:

$$\begin{bmatrix} \Delta T_1 = T_{q,1} - T_{f,1} = T_{q,ent} - T_{f,sai} \\ \Delta T_2 = T_{q,2} - T_{f,2} = T_{q,sai} - T_{f,ent} \end{bmatrix}$$

### 3.2 O método ε - NUT

O uso do método da média logarítmica das diferenças das temperaturas (MLDT) é de fácil aplicação nos trocadores de calor quando as temperaturas dos fluidos na entrada são conhecidas e as temperaturas de saída ou são especificadas ou podem ser determinadas pelas equações de balanço de energia. Entretanto, se apenas as temperaturas de entrada são conhecidas, o método MLDT exige um processo iterativo trabalhoso. Consequentemente, é preferível utilizar um procedimento alternativo, conhecido como método da efetividade – NUT (ou método ε-NUT).

Para definir a efetividade de um trocador de calor, é necessário primeiramente determinar a taxa de transferência de calor máxima possível, $q_{max}$, em um trocador. Essa taxa de transferência podia ser alcançada no caso de um trocador de calor em contracorrente, com comprimento infinito. Em tal trocador de calor, um dos fluidos iria apresentar a máxima diferença de temperaturas possível, $T_{q,ent} - T_{f,ent}$. Sendo assim, a taxa de capacidade calorífica $C_f < C_q$, e como o comprimento $L \rightarrow \infty$, o fluido frio iria experimentar a maior variação de temperatura, sendo aquecido até a temperatura de entrada do fluido quente ($T_{f,sai} = T_{q,ent}$ .). Desta forma,

$$C_f < C_q: \qquad q_{max} = C_f(T_{q,ent} - T_{f,ent}) \tag{2}$$

Analogamente, se $C_q < C_f$, o fluido quente iria experimentar a maior variação de temperatura e seria resfriado até a temperatura de entrada do fluido frio ($T_{q,sai} = T_{f,ent}$), assim:

$$C_q < C_f: \qquad q_{max} = C_q(T_{q,ent} - T_{f,ent}) \tag{3}$$

Com base nos resultados anteriores, é obtida a expressão geral:

$$q_{max} = C_{min}(T_{q,ent} - T_{f,ent}) \tag{4}$$

onde $q_{max}$ é a taxa de capacidade calorífica em [W], $C_{min}$ é a mínima capacidade calorífica dos fluidos envolvidos, entre $C_q$ e $C_f$.

Com isso, a efetividade $\varepsilon$ é definida como a razão entre a taxa de transferência de calor real em um trocador de calor e a taxa de transferência de calor máxima possível:

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{max}} \tag{5}$$

Por definição a efetividade, que é adimensional, está no intervalo entre 0 e 1.

O número de unidades de transferência (NUT) é um parâmetro adimensional amplamente utilizado na análise de trocadores de calor, sendo definido como:

$$NUT = \frac{UA}{C_{min}} \tag{6}$$

Para um trocador de calor com escoamento paralelo no qual $C_{min} = C_f$ obtém-se que:

$$\varepsilon = \frac{T_{f,sai} - T_{f,ent}}{T_{q,ent} - T_{f,ent}} \tag{7}$$

Após as operações matemáticas realizadas, para trocadores de calor com escoamento paralelo, a efetividade $\varepsilon$ vale:

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp\left\{-NUT\left[1 + \left(\frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]\right\}}{1 + \left(\frac{C_{min}}{C_{max}}\right)} \tag{8}$$

Expressões similares foram desenvolvidas para uma variedade de trocadores de calor, e os resultados representativos estão resumidos na Figura 3, onde $C_r$ é a razão entre as taxas de capacidades caloríficas, $C_r \equiv C_{min}/C_{max}$. Para o caso em estudo, a opção para calcular a efetividade do trocador de calor esta destacada na figura, onde deve-se tomar cuidado qual o lado possui maior e mínima taxa de capacidade calorífica (Incropera et al., 2008).

| Configuração do Escoamento | Relação | | |
|---|---|---|---|
| **Tubos concêntricos (bitubulares)** | | | |
| Escoamento paralelo | $\varepsilon = \frac{1 - \exp[-\mathrm{NUT}(1 + C_r)]}{1 + C_r}$ | | (11.28a) |
| Escoamento contracorrente | $\varepsilon = \frac{1 - \exp[-\mathrm{NUT}(1 - C_r)]}{1 - C_r \exp[-\mathrm{NUT}(1 - C_r)]}$ | $(C_r < 1)$ | |
| | $\varepsilon = \frac{\mathrm{NUT}}{1 + \mathrm{NUT}}$ | $(C_r = 1)$ | (11.29a) |
| **Casco e tubos** | | | |
| Um passe no casco (2, 4, ... passes nos tubos) | $\varepsilon_1 = 2\left\{1 + C_r + (1 + C_r^2)^{1/2} \times \frac{1 + \exp[-(\mathrm{NUT})_1(1 + C_r^2)^{1/2}]}{1 - \exp[-(\mathrm{NUT})_1(1 + C_r^2)^{1/2}]}\right\}^{-1}$ | | (11.30a) |
| $n$ Passes no casco ($2n$, $4n$, ... passes nos tubos) | $\varepsilon = \left[\left(\frac{1 - \varepsilon_1 C_r}{1 - \varepsilon_1}\right)^n - 1\right]\left[\left(\frac{1 - \varepsilon_1 C_r}{1 - \varepsilon_1}\right)^n - C_r\right]^{-1}$ | | (11.31a) |
| **Escoamento cruzado (passe único)** | | | |
| Dois fluidos não-misturados | $\varepsilon = 1 - \exp\left[\left(\frac{1}{C_r}\right)(\mathrm{NUT})^{0.22}\{\exp[-C_r(\mathrm{NUT})^{0.78}] - 1\}\right]$ | | (11.32) |
| $C_{max}$(misturado), $C_{min}$(não-misturado) | $\varepsilon = \left(\frac{1}{C_r}\right)(1 - \exp\{-C_r[1 - \exp(-\mathrm{NUT})]\})$ | | (11.33a) |
| $C_{min}$(misturado), $C_{max}$(não-misturado) | $\varepsilon = 1 - \exp(-C_r^{-1}\{1 - \exp[-C_r(\mathrm{NUT})]\})$ | | (11.34a) |
| **Todos os trocadores ($C_r = 0$)** | $\varepsilon = 1 - \exp(-\mathrm{NUT})$ | | (11.35a) |

Figura 3. Relações da efetividade de trocadores de calor.

Depois de encontrado o valor da taxa de transferência de calor real do trocador, pela Eq. (5), realizando um balanço de energia em qualquer um dos lados dos fluidos, onde $q_f = q_q$, é possível obter a temperatura de saída do fluido.

## 4. APARATO EXPERIMENTAL

A bancada de testes conforme a Figura (4) foi montada com o intuito de se fazerem estudos sobre trocadores de calor do tipo casco e tubos para fluidos sem mudanças de fase. Com a bancada é possível medir as temperaturas e vazões do fluido em ambos os lados do equipamento (casco e tubos), tanto para o fluido quente como para o fluido frio. Com isso possibilitando-se calcular a média logarítmica das diferenças de temperaturas e a taxa de transferência de calor. O aparato experimental é constituído por um trocador de calor, um reservatório de PVC (Poli cloreto de Vinil), duas resistências elétricas, uma eletrobomba, dois medidores de vazão, cinco sensores de temperatura, um módulo de aquisição, um controlador de temperatura, além de tubos, válvulas e conexões em PVC, as quais fazem a interligação do trocador de calor.

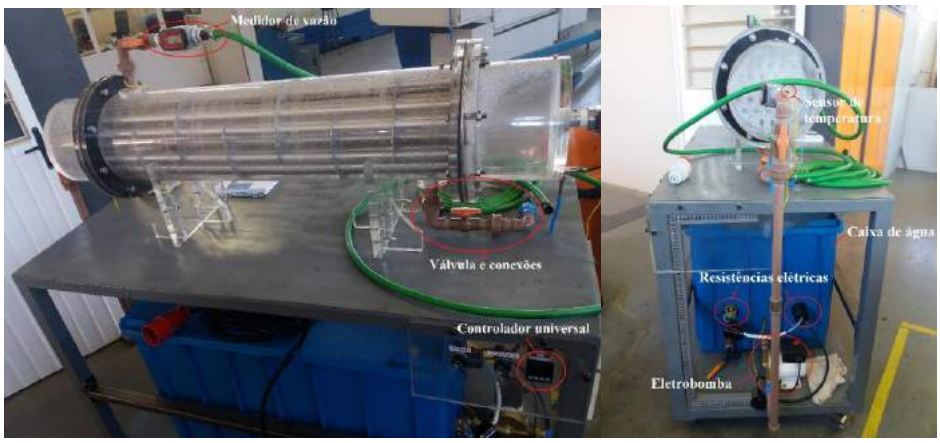



Figura 4. Bancada de testes.

## 5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a execução do experimento o fluido utilizado foi a água, por se tratar de um fluido facilmente encontrado e por possuir um elevado calor específico. Para se avaliar a troca de calor são necessários a utilização de fluidos que estejam com temperaturas diferentes, sendo assim, para o fluido frio utilizou-se a água com temperatura ambiente e para a obtenção do fluido quente foram necessárias duas resistências elétricas, as quais possuem 5.000 W, totalizando 10.000 W de potência, que aqueceram cerca 165 litros de água contidas no reservatório.

Para o funcionamento da bancada se faz necessário o enchimento do trocador de calor com fluido, tanto para o lado do casco como para o lado dos tubos, feito isso inicia-se o processo de aquecimento da água contida no reservatório, onde o acionamento das resistências elétricas é executado manualmente através do controlador universal, o qual está pré-definido para aquecer a água até a temperatura de 50 ºC, depois de atingir a temperatura pré-definida, o controlador desliga automaticamente as resistências elétricas, voltando a liga-las somente quando a temperatura da água do reservatório atingir 48 ºC.

Após o aquecimento da água do reservatório até a temperatura de 50 ºC, inicia-se o escoamento do fluído pelo trocador de calor. O regime permanente foi alcançado cerca de onze minutos após o início da operação da bancada. Depois de alcançado o regime permanente, a bancada operou durante treze minutos, tempo este que possibilitou a coleta das vazões e das temperaturas do fluido quente (lado dos tubos) e fluido frio (lado do casco).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante os treze minutos de operação da bancada de testes obteve-se os seguintes valores de temperatura de entrada e saída dos fluidos frio e quente, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas experimentais.

| | |
|---|---|
| $T_{q,ent}$ [◦C] | 40 |
| $T_{q,sai}$ [◦C] | 30 |
| $T_{f,ent}$ [◦C] | 12 |
| $T_{f,sai}$ [◦C] | 20 |

As vazões mensuradas dos fluidos quente e frio, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Vazões experimentais.

| Medição | 1ª | 2ª | 3ª | 4ª | 5ª | 6ª | **Média** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $q_q$ [l/min.] | 20,8 | 20,9 | 21 | 20,9 | 20,8 | 21 | **20,9** |
| $q_f$ [l/min.] | 15,8 | 15 | 15,5 | 15,1 | 16 | 16,1 | **15,65** |

De posse das vazões, das temperaturas dos fluidos obtidas na bancada, bem como as temperaturas analíticas, pode-se calcular a taxa de transferência de calor e a efetividade do trocador de calor. Conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Resultados encontrados.

| | **Resultados experimentais** | **Resultados analíticos** |
|---|---|---|
| $q$ [kW] | 8,722 | 16,028 |
| $\varepsilon$ | 0,286 | 0,525 |

## 7. CONCLUSÕES

Avaliando a taxa de transferência de calor do equipamento estudado, pode-se observar que a taxa calculada pelo método da ε-NUT com as temperaturas de saída experimentais é da ordem de 8,72 kW, sendo que a taxa calculada com as temperaturas de saída encontradas analiticamente é de aproximadamente 16 kW.

Com o estudo pode-se observar também a efetividade do trocador de calor. Pelo método da efetividade de forma analítica encontrou-se um valor de $\varepsilon$ = 0,525, sendo que com as temperaturas experimentais de saída, obteve-se uma efetividade de $\varepsilon$ = 0,286.

Durante o procedimento experimental notou-se que havia pequenos vazamentos entre os espelhos e os tubos, possivelmente causados pela porosidade na solda, onde que com um diferencial de pressão entre o casco e o lado dos tubos agravaram os vazamentos interferindo na taxa de transferência de calor e por sua vez na efetividade do equipamento.

Vale lembrar também, que todos os procedimentos experimentais apresentam erros associados aos equipamentos de medição, os quais foram desconsiderados nesse estudo e serão avaliados posteriormente.

## 8. BIBLIOGRAFIA

INCROPERA, F. P., DEWITT, D. P., BERGMAN, D.T. L., LAVINE, A. S. *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa.* 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

RIBEIRO, C. M. C. *Comparação de métodos de cálculo termo-hidráulico para trocadores de calor casco e tubo, sem mudança de fase*. 1983. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Campinas, UNICAMP, São Paulo, 1983.

PERUSSI, R. *Análise do desempenho de trocadores de calor de fluxo cruzado por simulação numérica*. 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2010.

ANDRADE NETO, A. M., PEDROSA, R. M., MAIA, C. B., HANRIOT, S.M., GÓMEZ, L. C. *Otimização de um trocador de casco e tubos pela análise de custo e da sinergia dos campos de temperatura e velocidade*. VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Campina Grande, PB, 2010.

AGUIAR, E. L. *Avaliação preliminar do desempenho de um trocador de calor piloto para uma indústria produtora de extratos vegetais*. 2014. 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2014.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO ARAME DE TROPEÇO NO ESCOAMENTO SOBRE CILINDROS

**Rafael Luis Amrginski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - *Erechim/RS - Brasil*
rafael.amr@icloud.com

**Roberta Fatima Neumeister**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - *Erechim/RS - Brasil*
roberta_neumeister@yahoo.com.br

***Resumo.*** *O presente trabalho aborda um estudo experimental visando avaliar o comportamento fluidodinâmico do ar ao redor de um cilindro isolado bem como dois cilindros dispostos lado a lado com espaçamento entre os cilindros p/d igual a 1,26, inserido na seção de testes de um canal aerodinâmico com e sem o uso da técnica de arame de tropeço. As análises foram realizadas com número de Reynolds fixado em 27041. O cilindro estudado que possui diâmetro de 25 mm, foi posicionado no centro da seção de testes de um canal aerodinâmico operando em circuito aberto. Exploram-se também dados de variações de pressão e coeficiente de pressão obtidos no estudo. Para comparação experimental executam-se leituras de pressões estáticas ao longo do cilindro posicionado no canal aerodinâmico, as quais possibilitaram a realização de comparações dos dados obtidos com resultados presentes na literatura, apresentando semelhanças. O uso da técnica de arame de tropeço apenas no caso de um cilindro isolado apresentou diferenças mais significativas, mostrando o atraso do desprendimento da esteira viscosa da faixa de 80° para a faixa de 120°, o que é descrito pela literatura. Outro ponto importante é a variação de velocidades existentes no sentido vertical do canal aerodinâmico, sendo esta responsável por causar diferenças entre os pontos de análise, gerando um aumento da velocidade nos pontos mais inferires do cilindro disposto no canal aerodinâmico.*

***Palavras chaves:*** *Cilindro, Arame de tropeço, Análise Experimental, Canal aerodinâmico.*

## 1. INTRODUÇÃO

O escoamento sobre cilindros é um assunto muito tratado na literatura, principalmente nas análises do comportamento sobre um cilindro ou em banco de tubos. O interesse vem das diversas aplicações que a geometria possui, como chaminés, diques, estacas, linhas de transmissão e torres de resfriamento (BLEVINS, 1990). Pode-se citar, ainda, um exemplo de interesse no atual cenário mundial: os efeitos de Vibrações Induzidas por Vórtices, VIV (*Vortex Induced Vibrations*), nos *risers* da indústria de exploração de petróleo em alto mar (BIMBATO, 2012). A análise e a compreensão mais aprofundadas de escoamentos ao redor de corpos de geometria arbitrária têm sido fundamentais para o desenvolvimento da tecnologia e para o avanço da ciência em várias áreas do conhecimento. A importância de se conhecer e dominar tal assunto está relacionada ao fato da grande parte dos corpos presentes em situações de interesse prático para a engenharia estar expostos, em geral, à passagem de uma corrente de ar ou de água.

O escoamento ao redor de cilindros pode provocar o surgimento de fenômenos físicos típicos da hidrodinâmica, tais como: a separação, o desprendimento vórtices, a transição para a turbulência, a biestabilidade entre outros. Tais fenômenos despertam grande interesse científico, têm grande impacto nas aplicações de engenharia e têm suas origens vinculadas ao desenvolvimento de instabilidades oriundas da interação das duas camadas cisalhantes formadas a partir dos pontos de separação do corpo rombudo (BEARMAN, 1984). A proposta deste estudo consiste no desenvolvimento de um modelo experimental, que seja capaz de analisar os efeitos causados pela antecipação da turbulência causada pelo arame de tropeço nos padrões de escoamentos que se desenvolvem ao redor dos cilindros. Com isto objetiva-se:

- avaliar experimentalmente os efeitos gerados no escoamento com a introdução do arame de tropeço em um cilindro isolado e dois cilindros posicionados lado a lado na seção de testes de um canal aerodinâmico.
- estudar quantitativamente e qualitativamente os principais fatores que influenciam o descolamento da camada limite em torno de geometrias cilíndricas, observando o comportamento da camada limite em um canal aerodinâmico.
- avaliar a técnica de arame de tropeço em diversas posições do cilindro.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A camada limite é definida como a região adjacente a uma superfície sólida na qual as tensões viscosas estão presentes, e são consideráveis em contraposição à corrente livre, onde as tensões viscosas são desprezíveis. Na camada limite tanto as forças viscosas quanto as forças de inércia são importantes e devem ser consideradas e, assim, o número de Reynolds é significativo na caracterização dos escoamentos de camada limite (FOX *et al.*, 2010). O número adimensional de Reynolds relaciona as forças de inércia com as forças viscosas, sendo o principal parâmetro que correlaciona o comportamento viscoso de todos os fluidos newtonianos (WHITE, 2011).

Quando o número de Reynolds for grande os efeitos viscosos serão desprezíveis. Já se o número de Reynolds for pequeno, os efeitos viscosos serão dominantes. No entanto, se o número de Reynolds não for nem pequeno nem grande, nenhuma conclusão geral poderá ser tirada (FOX *et al.*, 2010). Entretanto, Meneghini (2002) complementa dizendo que quanto maior o número de Reynolds, menor a espessura da camada limite. Segundo Incropera *et al.* (2008), no escoamento sobre um cilindro o número de Reynolds é capaz de definir o perfil de escoamento, seja este laminar ou turbulento. Para $Re_D \leq 2 \times 10^5$ considera-se que o escoamento seja completamente laminar e a separação ocorre em $\theta=80°$. Para casos onde $Re_D \geq 2 \times 10^5$, diz-se tratar de um escoamento turbulento e a separação é retardada até $\theta=140°$.

Segundo Fox *et al.* (2010) não há um único valor de Reynolds que defina o início da transição do escoamento laminar para o escoamento turbulento em uma camada limite. Assim, a transição não ocorre em uma região da superfície em análise. Dentre os diversos fatores que interferem na ocorrência da região de transição estão o gradiente de pressão, a rugosidade superficial, as forças de campo e as perturbações da corrente livre. O ponto de separação é o ponto onde as partículas passam a se afastar da superfície do objeto causando o desenvolvimento de uma esteira no sentido do escoamento, ocorrendo a transição de uma região de baixa pressão para uma região de alta pressão. A esteira que surge devido às partículas próximas a superfície serem levadas até o repouso e, assim, as partículas seguintes acabam sobrepondo as que estão em repouso e com isto se da inicio a formação das esteiras. Deste modo, a esteira é o ponto onde ocorre uma recirculação do escoamento que está diretamente ligado ao gradiente de pressão adverso.

Fox *et al.* (2010) descreve o gradiente de pressão adverso como aquele no qual a pressão cresce no sentido do escoamento, provocando uma redução da velocidade das partículas fluidas a uma taxa maior do que aquela devido somente ao atrito na camada limite. Se este for muito significativo pode até fazer com que as partículas fluidas na camada limite sejam levadas à condição de repouso. Quando ocorre este fenômeno de estagnação das partículas elas serão forçadas a afastar-se da superfície do corpo em contato (fenômeno chamado de separação de escoamento) dando lugar às partículas seguintes resultando na formação de uma esteira na qual o escoamento é turbulento. O escoamento laminar é muito vulnerável ao gradiente adverso de pressão na traseira do cilindro e a separação ocorre em valores de ângulos menores devido a pouca resistência à separação. Como resultado, a esteira ampla e a pressão muito baixa na região de separação da camada laminar acabam causando um grande arrasto. A camada limite turbulenta tem maior resistência à separação ocorrendo em valores de ângulos maiores, gerando uma esteira resultante menor, uma pressão traseira maior e um arrasto 75% menor. Isso explica a queda brusca do arrasto na transição (WHITE, 2011).

Os fenômenos de deslocamento, formação da esteira e o caminho de vórtices, estão normalmente associados ao aparecimento de um gradiente de pressão adverso, correspondente ao escoamento exterior à camada limite. A rugosidade superficial dos corpos foi identificada como um parâmetro importante nas características dos escoamentos de fluidos por Darcy (1857). Dentre as diversas maneiras de se introduzir rugosidades nos objetos de estudo pode-se fazer cavidades nas superfícies como as existentes em bolas de golfe, ou é possível se utilizada técnica de arame de tropeço, que também faz com que a turbulência seja antecipada.

Dentre as experiências que mais esclarecem a dinâmica dos fluidos tem-se a demonstração do efeito de transição de separação de camada limite colocando-se um arame sobre a superfície de uma esfera (GOLDSTEIN, 1938). Embora alguns ensaios já tenham sido realizados para observar os detalhes de como este ressalto cria a transição, não foram encontrados muitos registros de tentativas de elaboração de um método para a avaliação dos efeitos deste fio sobre o perfil de velocidade na camada limite em escoamentos cruzados sobre cilindros, visando-se o impacto que este causa no fenômeno da biestabilidade. As primeiras investigações experimentais detalhadas sobre o escoamento com inserção de "arames de tropeço", a fim de provocar uma acentuação no número de Reynolds na camada limite, apresentaram as medições de perfis de velocidade na parte posterior de arames de diferentes tamanhos (HUNT 1970).

O escoamento ao redor de agrupamentos de cilindros foi o objeto de muitas investigações no passado. Levando-se isto em conta o escoamento ao redor de pares de cilindros com diferentes arranjos podem fornecer uma melhor compreensão da dinâmica dos vórtices gerados e da distribuição de pressões em casos envolvendo arranjos complexos (DE PAULA, 2008). A configuração de cilindros circulares posicionados no arranjo alinhado, lado a lado, triangular ou mesmo em bancos de tubos, sob escoamentos cruzados, são geometrias importantes encontradas em muitas aplicações da engenharia. O escoamento sobre cilindros de configuração lado a lado produz importantes efeitos de interferência entre as esteiras viscosas. São influenciados, primeiramente, pelo espaçamento longitudinal e transversal entre os cilindros, bem como a uma intensificação de acordo com o número de Reynolds.

A respeito da biestabilidade, Alam *et al.* (2003), estudaram experimentalmente o escoamento ao redor de dois cilindros dispostos lado a lado e identificaram a ocorrência de um jato desviado que emana entre os dois tubos e se

direciona para um dos lados. Comportamento este, que se altera subitamente, e o jato passa a se direcionar para o lado oposto. Esta característica é chamada na literatura de biestabilidade, e ocorre em períodos irregulares de tempo.

### 2.1 Revisão Bibliográfica

Olinto (2005), em um estudo experimental a respeito das características do escoamento turbulento nas primeiras fileiras de banco de tubos, analisou o escoamento cruzado sobre três diferentes arranjos, sendo um com dois tubos, posicionados lado a lado, outro com uma fileira de tubos e, por último, bancos de tubos com três razões de espaçamento diferentes. Este estudo visou o entendimento das instabilidades e identificação de fenômenos aleatórios e transientes que ocorrem nas primeiras fileiras de tubos e se propagam para o seu interior. Com o estudo foi possível identificar a presença de instabilidades geradas a partir da segunda fileira do banco de tubos, que se propagam para o interior, gerando um fenômeno de alteração aleatória no modo de escoamento que leva ao aparecimento de tridimensionalidades semelhantes ao fenômeno biestável que ocorre em escoamento cruzado sobre dois tubos posicionados lado a lado.

De Paula (2008) em um estudo experimental investigou o fenômeno da biestabilidade em bancos de tubos de arranjo triangular, expostos a um escoamento cruzado turbulento. Para melhor entendimento da geração do fenômeno biestável ele realizou estudos sobre dois tubos dispostos lado a lado, três tubos e bancos de tubos de uma a cinco fileiras, chegando a 23 tubos dispostos em arranjo triangular. Os resultados obtidos comprovam a existência do fenômeno da biestabilidade para o arranjo de dois tubos posicionados lado a lado e para o arranjo triangular com um tubo à montante e dois à jusante. Já para uma única fileira de tubos não é identificada ocorrência da biestabilidade.

Destefani (2016) realizou um estudo experimental do fenômeno da biestabilidade em tubos dispostos lado à lado na posição vertical e horizontal submetido a escoamento de água com Reynolds de 5,5 x $10^3$ e razão de espaçamento de 1,26. Para o estudo foi utilizada a injeção de tinta de nanquim em canal hidráulico facilitando a visualização das esteiras de vórtices, onde foi possível visualizar a ocorrência do fenômeno da biestabilidade possibilitando a identificação das trocas entre a esteira larga e a estreita. Trocas estas já relatadas na literatura por outros autores, como pode ser comparado qualitativamente com De Paula (2008), que em canal aerodinâmico encontrou similaridades nos resultados.

## 3. METODOLOGIA

Um estudo experimental é aplicado no presente trabalho utilizando canal aerodinâmico visando identificar as variações de pressões ao longo do cilindro. São medidas as distribuições de pressão e o coeficiente de pressão (*Cp*) ao longo do cilindro sendo as tomadas de pressão distribuídas verticalmente no canal aerodinâmico. Através dos dados físicos coletados, prossegue-se com análise quantitativa e qualitativa dos resultados e comparações com a literatura.

O canal aerodinâmico utilizado possui seção transversal ao escoamento de 280 mm na horizontal por 350 mm na vertical. Conforme Marchetto (2013), a velocidade máxima de escoamento está no centro do canal, e diminui gradativamente à medida que se aproxima das paredes, mostrado na Figura 1 (a). No entanto, Comby (2017), por meio de um estudo experimental, descreve que a velocidade máxima não está no centro do canal e que o perfil de velocidades não diminui gradativamente do centro para a periferia do canal, assim este apresenta distintas zonas de velocidades como pode ser observado na Figura 1 (b). Entretanto, durante a realização do estudo foi verificado que o canal apresente velocidades maiores em sua parte inferior comparado com a parte superior, visto na Figura 1 (c).

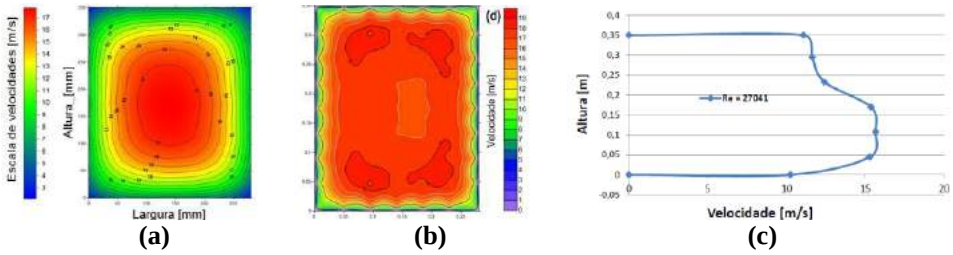



**Figura 1 –** Perfil de velocidades transversal em com sua respectiva escala de cores e velocidades, **(a)** 2D, **(b)** 2D e **(c)** perfis de velocidades do canal aerodinâmico vazio (Marchetto, 2013, Comby, 2017 e Autor 2018).

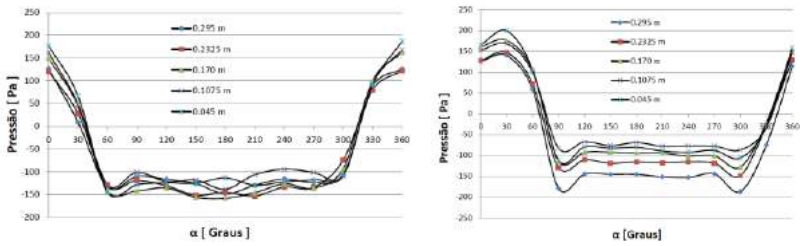
O cilindro estudado teve sua rugosidade original mantida, sendo de PVC com 25 mm de diâmetro. As tomadas de pressão são distribuídas no cilindro a uma distância de 62,5 mm, considerando a tomada de pressão central de análise distante 170 mm da base do canal devido o fato de as tomadas de pressão da extremidade inferior ficar a 45 mm distantes da base do canal. Considerando-se dois casos, um cilindro isolado e também dois cilindros dispostos lado a lado com espaçamento *p/d* = 1,26, sendo para este caso que foram empregadas as tomadas de pressões somente em um dos cilindros e replicado para o outro. Para estes dois modelos de análise foi empregada a técnica de arame de tropeço, utilizando arame de 2,3 mm de diâmetro. Nos dois casos foram realizadas análises em canal aerodinâmico variando a posição de analise de 0° a 360°, a cada 30° e, por seguinte, realizado os mesmos experimentos com a introdução do

arame de tropeço em 0°, 11° e 22°. Assim foram realizados experimentos nos dois modelos com e sem a introdução da técnica de arame de tropeço e depois comparados, focando para a interferência que o arame causa no escoamento.

O canal aerodinâmico possui um ventilador com sua velocidade controlada por meio de um inversor de frequência, que foi fixado em 60 Hz, e, com o auxílio do micromanômetro digital conectado aos tubos capilares com diâmetro interno de 1,27 mm, foram mensuradas as oscilações das pressões nos cinco pontos de análise contidos no cilindro, considerando-se cinco medições para cada ponto, sendo as leituras tomadas a cada 15 segundos dentro de um espaço de tempo de 60 segundos. Sendo realizadas duas medições em dias diferentes.

## 4. RESULTADOS

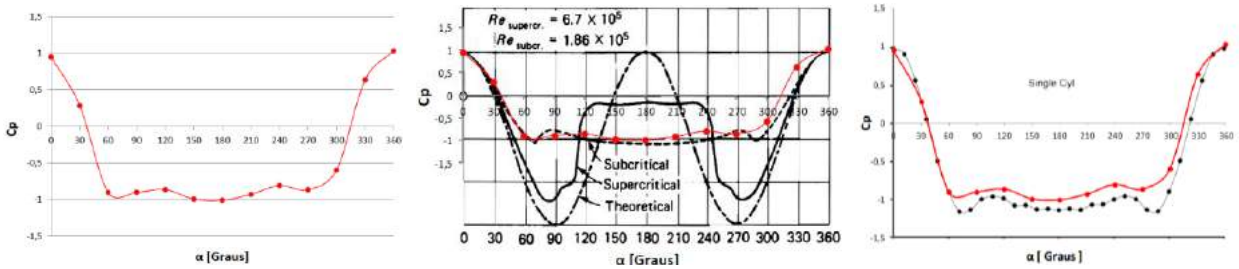
As condições de aplicação dos testes compreenderam a temperatura (*T*), na faixa de 294 K, adotando-se o valor da massa específica do ar igual a 1,23 kg/m³. Com isto, definiu-se a velocidade do escoamento igual a 15,97 m/s para 60 Hz. Entretanto, por meio de uma varredura vertical da variação de velocidade do canal aerodinâmico, foi possível verificar que o mesmo apresentou variações de velocidades em relação à altura de análise, como pode ser observado na Figura 1 (c), e também conforme descrito por Comby (2017) na Figura 1 (b). Com os valores de velocidade e massa específica encontrados, foi possível definir o número de Reynolds (*Re*), igual a 27041, baseado no diâmetro do cilindro estudado que é de 0,025 m. Admitiu-se também viscosidade dinâmica do ar ($\mu$) igual a 18,16 x $10^{-6}$ Pa.s (Incropera *et al.*, 2008). Assim, o escoamento possui a característica de perfil laminar, segundo Incropera *et al.* (2008) e, segundo Blevins (1990), possui características de escoamento subcrítico. Na Figura 2 (a) encontram-se as variações das pressões para cada ponto de análise para o caso de um cilindro isolado, onde é significativa a variação de pressão, pois o valor é mais alto em 30° e 330°. Na Figura 2 (b) encontram-se as médias das pressões para o caso de dois cilindros dispostos lado a lado. Neste caso a variação de pressão ocorreu em 60° e 330°, ressaltando que para esta configuração, ocorreu em 60° e não em 30°, devido o fato de que para o caso de dois cilindros o ponto de estagnação é deslocado 30° para a direita. Outro ponto importante a ser observado é o do aumento da pressão para os pontos P4 e P5 em relação aos pontos P1 e P2, principalmente para algumas posições, como pode ser observado em ambos os casos. Fato este que pode estar ligado à variação de velocidade existente no canal apresentada na Figura 1 e também descrita por Comby (2017). Entretanto, para o caso de dois cilindros dispostos lado a lado, esta variação pode ser devido à assimetria das esteiras (possível comportamento de esteira larga e estreita), conforme descrito por Alam *et al.* (2003).




**(a)** **(b)**

**Figura 2 –** Variações das pressões para Re = 2,7 x $10^4$, em função do ângulo das posições: **(a)** ao longo de um cilindro isolado e **(b)** ao longo de dois cilindros dispostos lado a lado (Autor, 2018).

Na Figura 3 (a) são apresentadas as distribuições de pressões médias nos contornos do cilindro isolado. Para este modelo, o ponto de estagnação acontece em $\alpha$ = 0° e $\alpha$ = 360°, os resultados para estes pontos do coeficiente de pressão parecem coincidir com o ponto de estagnação, ficando com *Cp* = 1,00, como é de se esperar para um cilindro isolado.

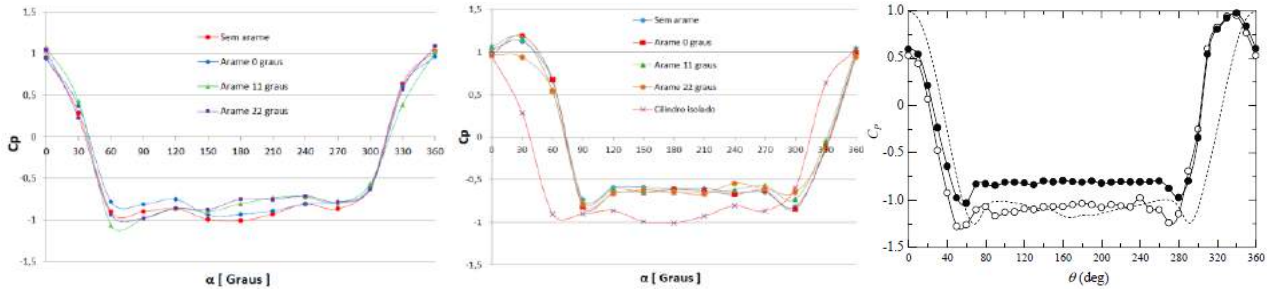



**(a)** **(b)** **(c)**

**Figura 3** – **(a)** distribuição do coeficiente de pressão obtida durante as análises para Re = 2,7 x $10^4$ sobre a superfície de um cilindro isolado, comparadas com: **(b)** White (1991) para *Re* = 1,68 x $10^5$ **(c)** Pouryoussefi *et al.* (2011) para *Re* = 6,08 x $10^4$ (Adaptado de White, 1991 e Adaptado de Pouryoussefi *et al.*, 2011).

Segundo White (2011), por se tratar de um escoamento laminar o mesmo é muito vulnerável ao gradiente adverso de pressão na traseira do cilindro e ocorre à separação em $\alpha$ = 82°, causando um grande arrasto devido à ampla esteira e baixa pressão na região de separação laminar. Os fenômenos de deslocamento, formação da esteira e o caminho de vórtices estão normalmente associados ao aparecimento de um gradiente positivo de pressões junto à parede do obstáculo, que para os experimentos realizados pode ser observado na faixa de 80°, assim ficando muito próximo dos resultados obtidos por White, (1991), apresentados na Figura 3 (b). Entretanto, relacionando este trabalho, com a literatura é possível fazer uma comparação quantitativa entre os resultados para um cilindro isolado e os resultados obtidos por White (1991) bem como aos resultados de Poryoussefi *et al.* (2011). Assim, os resultados da presente análise mostram uma grande similaridade da curva de tendência conforme mostrado na Figura 3 (b e c).

Para as análises com a introdução do arame de tropeço é possível fazer uma comparação qualitativa entre os resultados das simulações utilizando a técnica com o arame posicionado em 0°, 11° e 22° em relação ao cilindro isolado sem o uso da técnica. No entanto, é possível observar que o uso da técnica é menos significativo para a posição de 0°, contudo para as demais posições é possível perceber que há uma maior alteração como pode ser visto na Figura 4 (a), após a passagem do escoamento por 120°, ocorre a separação da camada limite turbulenta o que é descrito por White (2011). Tal fenômeno pode ser explicado por haver um atraso na separação do escoamento pelo uso da técnica do arame de tropeço, gerando assim a formação de uma esteira. Esta característica pode estar associada à assimetria gerada.




**(a)** **(b)** **(c)**

**Figura 4** Comparação da distribuição do coeficiente de pressão para *Re* = 2,7 x $10^4$: **(a)** em um cilindro isolado com e sem o uso da técnica de arame de tropeço, **(b)** em dois cilindros dispostos lado a lado com e sem o uso da técnica de arame de tropeço e também de um cilindro isolado sem arame de tropeço (Autor, 2018), **(c)** valores obtidos por Alam *et al.* (2003) para *Re* = 5,5 x $10^4$.

Já para o caso de dois cilindros dispostos lado a lado, com e sem o uso da técnica de arame de tropeço, o *Cp* para todos os modos é maior que o de um único cilindro. É aparente que as camadas externas de cisalhamento se separam em 120° e que o fluxo separasse em 270° para os cilindros, respectivamente. Pode-se ver na Figura 4 (b) que o ponto de estagnação (região de pressão positiva) muda para o lado interno em 30° em vez de 0°, fenômeno este caracterizado por Alan *et al.* (2003) como sendo uma força repulsiva. As distribuições de pressão indicam que a camada de cisalhamento externa pode ser esperada para se separar do cilindro em 90° para um cilindro isolado, sendo que para dois cilindros dispostos lado a lado a separação ocorre a 120°. No entanto, é possível fazer uma comparação qualitativa entre os valores obtidos neste estudo com os valores obtidos por Alam *et al.* (2003) que realizou um estudo sobre um par de cilindros dispostos lado a lado com espaçamento *p/d* = 1,5 com *Re* = 5,5 x $10^4$, apresentados na Figura 4 (c).

Deve-se ressaltar que Alam *et al.* (2003), realizou a aquisição dos dados no sentido anti-horário, que é o contrário da aquisição de dados deste trabalho, explicando assim, a diferença entre o comportamento dos resultados. Já o uso da técnica de arame de tropeço não teve grande influencia para o arranjo de dois cilindros, levando-se em consideração que o mesmo proporcionou uma diminuição do valor de *Cp* na região de desprendimento situada na faixa de 90° a 120°, e também um aumento na região de desprendimento na faixa de 270° a 300°. Esta diferença pode estar ligada ao fato de somente ter sido introduzido o arame de tropeço no sentido da fenda.

## 5. CONCLUSÕES

Por meio de análises dos gráficos gerados pode-se concluir que os resultados encontrados para os dois modos são válidos, devido ao fato de apresentarem semelhanças com outros estudos já realizados por autores como Poryoussefi *et al.* (2011), Alam *et al.* (2003) e White (1991). Nos valores de pressão encontra-se um aumento da pressão para os pontos P4 e P5 em relação aos pontos P1 e P2, onde estes deveriam ter apresentado valores mais próximos. Este fato pode estar ligado à variação de velocidade existente no canal apresentada neste estudo e também descrita por Comby (2017). Entretanto, para o caso de dois cilindros dispostos lado a lado, esta variação pode ser devido à assimetria da esteira (possível comportamento de esteira larga e estreita).

Foram apresentados gráficos das distribuições de pressão e também do coeficiente de pressão instantâneo ao longo da superfície do cilindro, que mostram a ocorrência dos fenômenos descritos na literatura como o descolamento da

camada limite que para um cilindro isolado com o uso da técnica de arame de tropeço ocorreu um atraso de 80° para 120°, coincidindo com estudo apresentado por White (2011). No entanto, para dois cilindros dispostos lado a lado, com o uso da técnica de arame de tropeço, esta diferença foi menos significativa, proporcionando apenas uma diminuição do valor de *Cp* na região de desprendimento situada na faixa de 90° a 120°, e um aumento na região de desprendimento na faixa de 270° a 300°. Esta diferença pode ser devido ao fato de somente ter sido introduzido o arame de tropeço no sentido da fenda e não nas duas direções.

Levando-se em conta o caso especifico dos efeitos de Vibrações Induzidas por Vórtices, nos *risers* da indústria de exploração de petróleo em alto mar, concluir que o uso da técnica ajudaria a diminuir os esforços cíclicos que *risers* estão submetidos. Concluindo assim que o uso da técnica de arame de tropeço para o caso de dois cilindros dispostos lado a lado, com espaçamento *p/d* de 1,26 e para um arame de tropeço de 2,3 mm, a técnica não teve grandes impactos. Sendo assim necessário novos estudos para se avaliar estas interferências variando-se estes parâmetros.

## 6. REFERÊNCIAS

ALAM, M. M. Moriya, M e Sakamoto, H. "***Aerodynamic characteristics of two side-by-side circular cylinders and application of wavelet analysis on the switching phenomenon***", Journal of Fluids and Structures, Vol. 18, 2003.

BEARMAN, P. W."Vortex Shedding from Oscillating Bluff Bodies","***Annual Review of Fluid Mechanics***",v.16,1984.

BIMBATO, A. M. "***Estudo de escoamentos turbulentos em torno de um corpo rombudo de superfície hidraulicamente lisa ou rugosa utilizando o método de vórtices discretos***". Tese de Doutorado em Engenharia, UNIFEI, Itajubá, MG. 2012.

BLEVINS, R. D. "***Flow-Induced Vibration***". Second Edition, Van Nostrand Reinhold, Nova Iorque, 1990.

COMBY, E. "***Análise experimental do escoamento sobre turbina savonius***", Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Mecânico, Universidade Regional Integrada do Auto Uruguai e das missões. Erechim-RS, 2017.

DARCY, H. "***Recherchesbexpérimentalesbrelativesbaubmovementbdebl'eaubdansbles Tuyaux***", Mallet-Bachelier, Paris.1857.

DE PAULA, A. V. "***Estudo sobre o fenômeno da biestabilidade de escoamentos turbulentos em bancos de tubos de arranjo triangular***", Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, PROMEC-UFRGS, Porto Alegre, RS.2008.

DESTEFANI, B. V. "***Visualização da bioestabilidade em dois cilindros circulares dispostos lado a lado em um canal hidráulico posicionados na horizontal e na vertical***", Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2016.

FOX, R. W.; PRITCHARD, P. J. e MCDONALD, A. T. "***Introdução à Mecânica dos Fluidos***". 7ª Edição, Rio de Janeiro, Editora LTC, 2010.

GOLDSTEINS, S. "***Modern Development in Fluid Dynamics***". Nova York, Editora Oxford University Press, 1938.

HUNT, J. C. R. "***A theory for the laminar wake of a two-dimensional body in a boundary layer***". University of Cambridge, Reino Unido, 1970.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S., "***Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa***", 6° ed. LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

MARCHETTO, V. "***Determinação do perfil de velocidades de um Canal Aerodinâmico***", Relatório de Pesquisa, Universidade Regional Integrada do Auto Uruguai e das missões. Erechim-RS, 2013.

MENEGHINI, J. R. Mecânica da geração e desprendimento de vórtices no escoamento ao redor de cilindros. ***Anais III Escola de Primavera Transição e Turbulência***", 2002.

OLINTO, C. R. "***Estudo experimental das características do escoamento turbulento nas primeiras fileiras de bancos de tubos***", Tese de Doutorado, PROMEC-UFRGS, Porto Alegre, RS. 2005.

POURYOUSSEFI, S. G; MASOUD M; POURYOUSSEFI, S. M. H. "***Force coefficients and Strouhal numbers of three circular cylinders subjected to a cross-flow***", Arch Appl Mech. 2011.

WHITE, F. M. "***Viscous Fluid Flow***". 2ª Edição, Nova York, Estados Unidos. McGraw-Hill, 1991.

WHITE, F. M.; "***Mecânica dos Fluidos***". 6ª Edição, Porto Alegre, Editora AMGH, 2011.

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE NUMÉRICA E ANALÍTICA DE UM TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS OPERANDO EM ESCOAMENTO CRUZADO

**Régis Debastiani**[1]
**Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza**[2]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000
rgisdebastiani@hotmail.com[1] marco@uricer.edu.br[2]

**Resumo.** O presente trabalho apresenta uma investigação numérica sobre o comportamento térmico do escoamento de água em um trocador de calor casco e tubos, com um passe nos tubos. Tais resultados numéricos foram comparados com o método analítico, da efetividade ε-NUT, apresentando boa concordância entre eles. Para o estudo numérico foi utilizado o software comercial Ansys versão 15, que utiliza o método dos volumes finitos, a fim de simular todas as condições impostas pelo modelo físico do trocador de calor. Quando comparados os resultados numéricos com os resultados analíticos, há uma pequena variação das temperaturas de saída calculadas, onde ocorreu uma variação de 2%, e para a taxa de transferência de calor, houve uma variação máxima de 11,87%. Isto pode ser atribuído simplificações analíticas e da geometria no momento da modelagem numérica. Como sugestão para aumento na eficiência de transferência de calor sobre o fluido quente, a fim de fornecer um maior resfriamento do mesmo, deve-se realizar a inversão da entrada do fluido quente dos tubos para o lado do casco.

***Palavras-chave:*** *CFD, Trocador de calor, Método dos volumes finitos, Efetividade.*

## 1. INTRODUÇÃO

Trocadores de calor são dispositivos que tem como objetivo proporcionar a transferência de calor entre dois ou mais fluidos a temperaturas diferentes. São muitas as variantes deste equipamento e estão presentes em diversos locais, em variados níveis de sofisticação tecnológica e tamanhos: usinas de energia a vapor, fábricas de processamento químico, ar condicionado, frigoríficos, radiadores de carro, radiadores para veículos espaciais, eletroeletrônica, engenharia ambiental e entre outros fins (Ozisik, 1985).

O presente trabalho é realizado a partir de um trocador de calor já construído, que está presente no laboratório da engenharia mecânica da Universidade. Primeiramente foram feitos cálculos analíticos e, após, feitas avaliações computacionais através de simulações numéricas para que, por fim, tais resultados possam ser comparados, sugerindo melhorias no trocador de calor, aumentando o aproveitamento energético do equipamento, bem como uma melhor eficiência.

Para as simulações numéricas deste trabalho foi utilizado o software comercial Ansys CFX v.15, que se trata de um código genérico de dinâmica dos fluidos computacional, baseado em técnicas de volumes finitos (Patankar, 1980).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O projeto e fabricação de trocadores de calor casco e tubos foram introduzidos no início do século XX para preencher as necessidades de transferência de calor em superfícies com temperatura elevadas. A análise da transferência de calor e da perda de carga foram mais adiante introduzidos, especificamente em 1940. O primeiro procedimento para desenvolver um método para cálculos de trocadores de calor casco e tubos foi feito por Kern em 1950, enquanto Tinker, no mesmo período, desenvolvia um método, onde muitos parâmetros foram incluídos, de modo que os cálculos se tornaram mais complexos e quase impossíveis de realizá-los analiticamente (Costa, 2016).

No início do século XXI, com o desenvolvimento crescente da área computacional, a contribuição de ferramentas computacionais para o projeto de trocadores de calor também se intensificou (Costa, 2016).

Em seus estudos computacionais, Hobmeir (2004) fez comparação da quantidade de troca térmica de um trocador de calor com tubos circulares com um contendo tubos elípticos. Ele constatou que os trocadores de tubos elípticos possuem uma transferência de calor maior do que os circulares. Dentre os valores de excentricidade estudados, e = 0,8 e 0,65, os tubos com excentricidade de 0,65 demonstraram uma maior capacidade de transferência de calor.

Na simulação numérica realizada por Rahim e Jameel (2012) foi feita uma análise de um pequeno trocador de calor casco e tubos considerando-se os efeitos da inclinação das chicanas ou defletores no escoamento do fluido. Suas considerações impostas foram que o fluido estudado fosse água, e que os tubos possuíssem uma temperatura externa

fixa, prescrita de 450 K. As chicanas estudadas possuíam a inclinação de 0˚, 10˚ e 20˚ em relação à parede do casco, onde estavam fixadas. Com isso, obtiveram que para valores com inclinação de 10˚ a queda de pressão caiu 4% em relação à chicana de inclinação nula, e 26% para inclinação de 20˚, tornando-se assim a configuração de melhor performance do estudo.

Costa (2016) em seus estudos, realizados computacionalmente, investigou as variações na transferência térmica de um trocador de calor casco e tubos para diferentes vazões mássicas, espaçamento entre chicanas e no corte das chicanas. Concluiu que a variação da vazão influencia diretamente na transferência de calor, pois mesmo não atingindo os limites de perda de carga nos componentes do trocador de calor, vazões 20% maiores que a de projeto, podem comprometer os requisitos iniciais de temperatura de saída dos fluidos.

Verificou também que a diminuição do espaçamento entre chicanas favorece na melhoria da transferência de calor e um consequente aumento na perda de carga no interior dos tubos e no casco, respectivamente. Já, em relação ao corte da chicana, a perda de carga diminui com um aumento no corte, assim como a transferência de calor que será comprometida devido à diminuição de velocidade no escoamento no casco.

## 3. TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS

Os trocadores de calor mais comuns são aqueles em que os fluidos se encontram separados por meio de uma parede, por onde o calor é transferido, sendo tais equipamentos denominados recuperadores. Existe uma grande variedade na forma a qual estes equipamentos são construídos, variando do simples tubo no interior de outro, até os condensadores e evaporadores de superfície complexa.

Nessa gama, está presente o conjunto de trocadores de calor do tipo tubulares, que são largamente utilizados devido à possibilidade de serem construídos com grandes superfícies de transferência de calor, porém em um volume relativamente pequeno. Além disso, há a possibilidade da fabricação com ligas metálicas resistentes à corrosão e que podem ser melhor adaptadas para o aquecimento, resfriamento, evaporação e condensação de diferentes fluidos.

O trocador de calor casco e tubos (*shell and tubes*) é composto por um casco cilíndrico, contendo um conjunto de tubos, colocado paralelamente ao eixo longitudinal do casco. Os tubos são presos em suas extremidades a placas perfuradas denominadas espelhos, sendo que cada furo corresponde a um tubo do feixe. Os espelhos, por sua vez, são presos de alguma forma no casco. Os tubos que compõem o feixe atravessam várias placas perfuradas, chamadas chicanas, que servem para direcionar o escoamento através dos tubos e também para suportá-los. As chicanas são mantidas em posições fixas por meio dos espaçadores de chicanas. Na Figura 1 são mostradas algumas das principais partes que compõem o trocador de casco e tubos.

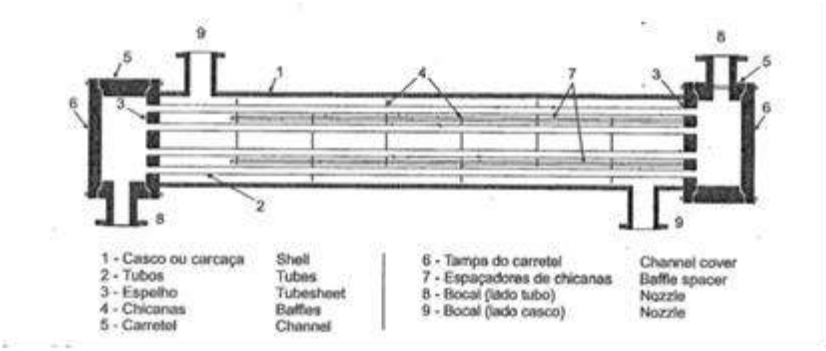



Figura 1. Trocador de calor casco e tubos e seus principais componentes.

## 4. MODELAGEM NUMÉRICA DO FENÔMENO FÍSICO

As equações fundamentais da dinâmica dos fluidos são baseadas nas leis universais de conservação:

1. Conservação de massa;
2. Conservação da quantidade de movimento;
3. Conservação de energia.

Apesar das equações de Navier-Stokes modelarem toda a física do problema a ser estudado, capturar todas as escalas de turbulência que ocorrem no escoamento necessitaria de malhas computacionais tão finas que tornaria a solução numérica proibitiva. O que normalmente se faz é abandonar os detalhes e concentrar nos valores médios das propriedades. O resultado desse processo é um sistema de equações conhecidas como equações de Navier-Stokes com média de Reynolds – RANS (*Reynolds Average Navier Stokes*). Nelas, a solução das variáveis é decomposta em componentes médias e suas flutuações.

Aplicando as médias de Reynolds ao conjunto de equações anteriores, obtêm-se na forma indicial, para regime estacionário, a equação de conservação da massa

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\rho \bar{u}_i\right)=0 \tag{1}$$

e de conservação da quantidade de movimento

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\rho \bar{u}_i \bar{u}_j\right)=-\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\mu\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j}+\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i}-\frac{2}{3}\delta_{ij}\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i}\right)\right]+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(-\rho\overline{u'_i u'_j}\right) \tag{2}$$

onde estas são chamadas equações da média de Reynolds. Elas possuem a mesma forma geral como as equações de Navier-Stokes instantâneas, com as velocidades e as soluções das outras variáveis. Entretanto, o último termo da Eq. (2) representa uma tensão adicional no escoamento, devido às flutuações turbulentas que geram um problema de fechamento. Este problema, segundo Reynolds pode ser resolvido com o conceito de viscosidade turbulenta que para um fluido Newtoniano, pode ser representado por:

$$-\rho\overline{u'_i u'_j}=\mu_t\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i}+\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j}\right)-\frac{2}{3}k\delta_{ij} \tag{3}$$

onde $u_i'$ e $u_j'$ são as flutuações de velocidade associadas às componentes de velocidades instantâneas $u$, paralela e normal à superfície. Em contraste com a viscosidade molecular, $\mu_t$ não é uma propriedade física do fluido, mas sim do escoamento, uma média local do nível de turbulência, variando de ponto a ponto e de escoamento para escoamento, necessitando de um modelo para sua determinação (Fox *et al*., 2013).

O modelo de turbulência utilizado neste trabalho foi o SST (*Shear Stress Transport*), onde este o modelo baseado em *k-ω*, contribui para o transporte da turbulência de tensão de cisalhamento e proporciona previsões altamente precisas do início e quantidade de separação de escoamento sob gradientes de pressão adversos. Na aplicação do modelo, as equações de transporte para *k-ω* são utilizadas na região próxima à parede, enquanto as equações transformadas de transporte do modelo *k-* $\varepsilon$ são adotadas na região externa (Menter, 1994).

### 4.1 Modelo físico

Neste estudo, um trocador de calor de casco e tubos foi utilizado a fim de modelar seu escoamento no interior do equipamento, bem como seu comportamento em relação às trocas térmicas que ocorrem nas superfícies. Para apresentar alguns parâmetros do trocador de calor utilizado, a Figura 2 é apresentada. O fluido que escoa no casco do trocador e no interior dos tubos é a água.

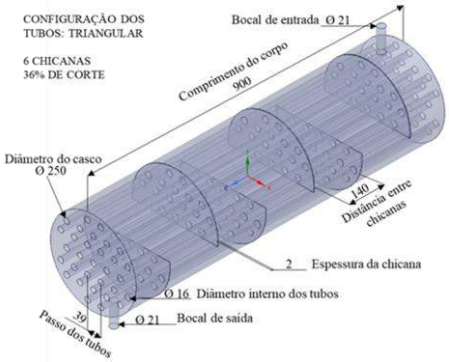



Figura 2. Parâmetros de geometria do trocador de calor (todas as unidades estão em milímetros).

A geometria no formato CAD foi elaborada no *software* SolidWorks 2013. Algumas simplificações foram realizadas, pois para um caso de trocador de calor, alguns detalhes como parafusos, porcas e outros apenas irão gerar excessos de elementos não necessários para as próximas etapas. Assim, consideram-se somente os componentes do equipamento que são primordiais ao seu funcionamento, como tubos, casco, as chicanas, o espelho e os bocais, visando manter fiéis as características como diâmetros internos e o comprimento dos tubos. Para os estudos numéricos, não há folga das chicanas entre os tubos.

### 4.2 Geração da malha

A malha computacional Figura 3 foi gerada através do *software* ICEM CFD, na qual os elementos volumétricos possuem a forma geométrica prismática, usada nos contornos da parede da geometria, e a forma tetraédrica, para o

entorno sobre as superfícies sólidas. No mesmo *software*, foram denominadas todas as partes do trocador de calor, onde suas propriedades de malha variam para, posteriormente, facilitar no momento da modelagem.

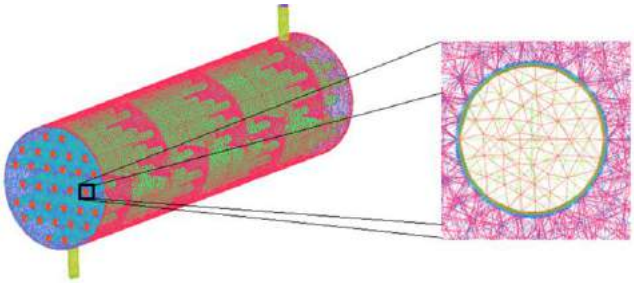


Figura 3. Malha computacional

Na parede utilizou-se uma malha prismática, por haver a necessidade de um refinamento nesta região, para que os efeitos da camada-limite possam ser captados, assim como fornecer uma maior garantia da troca térmica entre o fluido interno e externo referente aos tubos.

A malha computacional utilizada para as simulações possui aproximadamente 6.000.000 volumes de controle, considerado elevado, mas suficiente para representar os detalhes da geometria.

### 4.3 Indepêndencia de malha

O modelo foi submetido às simulações para uma malha com cerca de 6.000.000 elementos volumétricos. Considera-se que este valor seja aceitável, pois abaixo deste número de elementos volumétricos os resultados não seriam confiáveis, tornando a solução dependente da malha. Por outro lado, um número de elementos superior a este não apresentaria variações expressivas nos resultados, somente aumentando o tempo computacional.

Para tal análise foi criado uma linha de temperatura na parte inferior do trocador, tomando dados da temperatura em uma determinada posição no equipamento, dentro do casco e fora dos tubos. Os picos mais agudos no gráfico são em função de a linha de referência estar cruzando as chicanas, gerando assim dados assimétricos nestes pontos. O ponto zero do equipamento está localizado exatamente no centro do trocador, ou seja, no centro de gravidade do mesmo.

A fim de melhor quantificar a dependência dos resultados em relação ao tamanho da malha, a Tabela 1 mostra a variação da temperatura em um ponto do trocador de calor, localizado no centro do bocal de saída do fluido quente. Verifica-se nesta tabela que para tamanhos de malha superiores a 6.000.000 de elementos volumétricos, a variação do valor da temperatura lida em relação à malha com 7.000.000 de elementos volumétricos é de 0,4% (valor adotado para esta análise ≤ 0,5%).

Tabela 1 – Independência da malha computacional.

| **Elementos** | **Tempo de simulação** | $T_{q,sai}$ ***bocal*** | **Variação** |
|---|---|---|---|
| 7.000.000 | 28 horas e 25 minutos | 50,35 °C | - |
| **6.000.000** | 26 horas e 38 minutos | 50,15 °C | **0,40 %** |
| 5.000.000 | 23 horas e 18 minutos | 49,80 °C | 0,70 % |
| 4.000.000 | 20 horas e 12 minutos | 49,31 °C | 0,98 % |
| 3.000.000 | 18 horas e 52 minutos | 49,95 °C | 1,30 % |

## 5. CASOS ESTUDADOS

Nos casos estudados foram analisadas duas condições de funcionamento do trocador de calor: variação da vazão mássica do fluido quente, e estudo da variação de entrada dos fluidos quente e frio com os parâmetros de operação do modelo experimental.

Os valores iniciais de vazão mássica e temperatura para os 6 casos estudados são apresentados a seguir:

Tabela 2 – Parâmetros iniciais do trocador de calor simulado numericamente.

| | Vazão quente [kg/s] | Vazão Frio [kg/s] | Temp. quente entrada [°C] | Temp. frio saída [°C] |
|---|---|---|---|---|
| **CASO 1** | 0,25 (lado casco) | 0,5 (lado tubos) | 80 | 30 |
| **CASO 2** | 0,5 (lado casco) | 0,5 (lado tubos) | 80 | 30 |
| **CASO 3** | 0,75 (lado casco) | 0,5 (lado tubos) | 80 | 30 |
| **CASO 4** | 1 (lado casco) | 0,5 (lado tubos) | 80 | 30 |
| **CASO 5** | 0,3458 (lado tubos) | 0,2593 (lado casco) | 40 | 12 |
| **CASO 6** | 0,3458 (lado casco) | 0,2593 (lado tubos) | 40 | 12 |

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Variação da vazão mássica do fluido quente

Na Figura 4 é apresentado o reflexo da variação de vazão mássica na transferência de calor do trocador de calor. Pode-se perceber que com o aumento da vazão de entrada do fluido quente, menor vai ser a perda de temperatura deste fluido, diminuindo sua faixa de utilização num processo que demande um maior resfriamento deste fluido quente, e consequentemente acarreta num aumento de pressão interna de trabalho do equipamento.

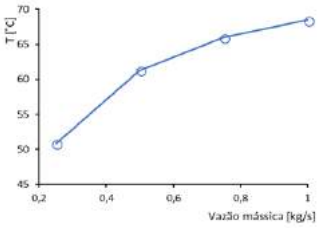



Figura 4 – Casos estudados com variação de vazão mássica do fluido quente.

Nota-se que conforme ocorre o aumento da vazão mássica do fluido quente, menor vai ser a transferência de calor no equipamento entre os fluidos, e assim, menor queda de temperatura do fluido quente que deve-se resfriar.

A Figura 5 mostra as linhas de corrente do escoamento e sua temperatura local para os diferentes casos estudados.

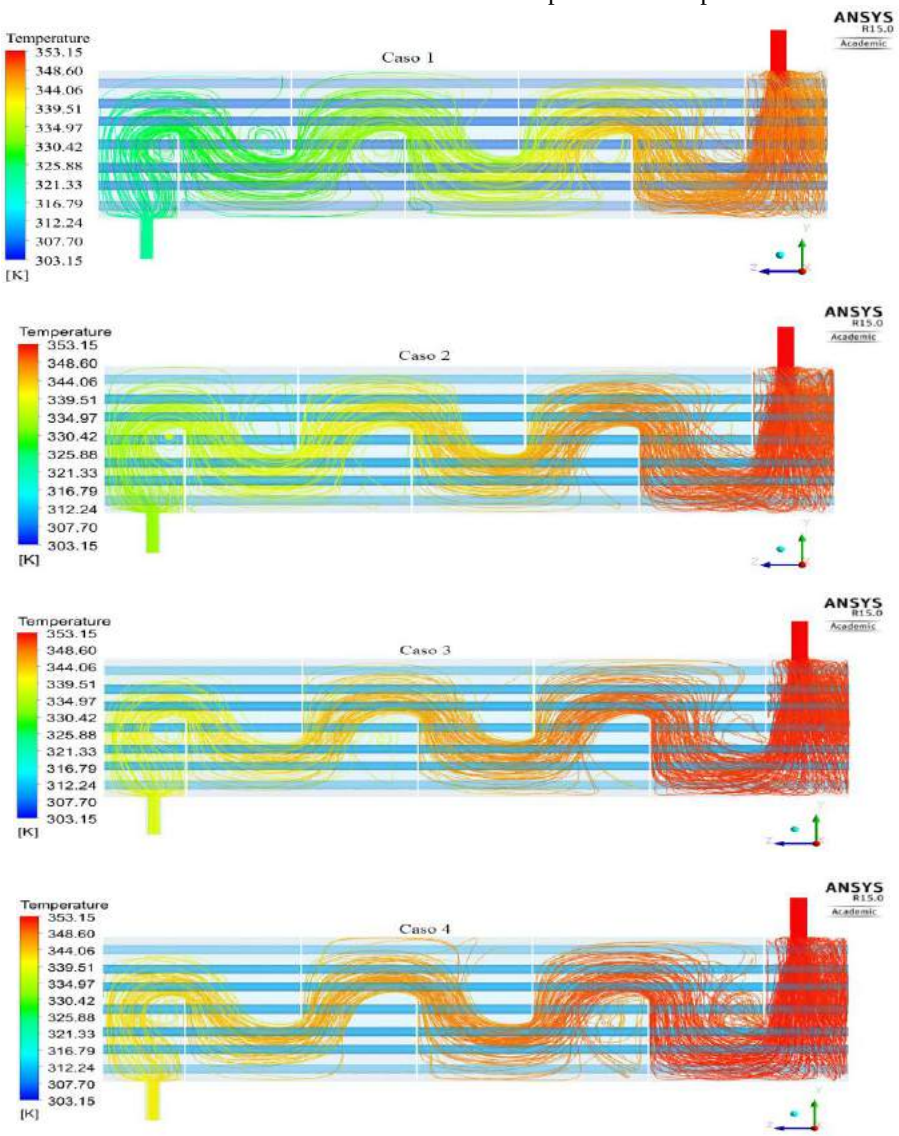



Figura 5 – Linhas de trajetória do fluido e sua temperatura.

Analisando a Figura 5, reforçando o parágrafo anterior, nota-se que quando a vazão mássica estiver baixa, como nos casos 1 e 2, o escoamento apresenta algumas recirculações próximo ao fim do trocador de calor, ao final da trajetória do fluido quente. Com isto, esta turbulência maior ocasiona uma maior transferência de calor do fluido quente para o frio, fazendo com que a temperatura de saída do fluido quente seja mais baixa. Já nos casos 3 e 4, com vazões mais altas, as recirculações maiores se localizam no início do trocador de calor, gerando maior transferência de calor, e assim fazendo com que as temperaturas do fluido frio saiam maiores do que para os casos 1 e 2.

Com o aumento da vazão mássica do fluido quente, há uma diminuição da temperatura de saída deste mesmo fluido do trocador de calor (Caso 1, $T_{q,sai}$ < que os demais casos). Porém, com uma velocidade do escoamento da água maior, há uma maior iteração do fluido quente sobre os tubos, onde internamente ocorre o escoamento do fluido frio, e assim a temperatura do fluido frio que está saindo do trocador de calor aumentará proporcionalmente ao aumento da vazão mássica do fluido quente (Caso 1, $T_{f,sai}$ < que os demais casos).

### 6.2 Inversão dos lados de fluido quente e frio – validação pelo método experimental

Nas simulações numéricas, verificou-se que se o objetivo do uso do trocador de calor for para a diminuição da temperatura do fluido quente, tornando o fluido mais frio possível, a água quente deverá entrar pelo lado do casco e realizar o escoamento pelas chicanas. A água quente que escoa nos tubos, caso 5, em sua saída apresenta temperatura de 28,94 ˚C. Já no caso 6, onde a água quente escoa no casco, passando pelas chicanas, apresenta uma maior diferença de temperatura em relação à inicial (40 ˚C), saindo do trocador de calor com 25,86 ˚C.

Ocorreu uma queda de temperatura 10% maior com esta modificação de entrada dos fluidos. Isto foi devido à maior agitação do fluido em seu escoamento ocasionado pela presença das chicanas.

## 7. CONCLUSÕES

As simulações realizadas no presente trabalho, bem como os resultados obtidos, são coerentes quando em comparação com os resultados obtidos analiticamente. Foi verificado que os resultados encontrados por meio dos métodos analíticos de ε-NUT, para o caso das temperaturas de saída calculadas, a maior variação que ocorreu foi de 2%, e já para a taxa de transferência de calor, houve uma variação máxima de 11,87% para o Caso 1. No entanto, estas pequenas diferenças são aceitas, por se tratar de algumas simplificações realizadas no momento da modelagem numérica, onde foi desconsiderada a transferência de calor por condução dos tubos. Também foram realizadas simplificações nos cálculos analíticos, como a utilização mesmo valor do coeficiente global de transferência de calor U para os quatro casos estudados, onde para uma maior aproximação dos resultados exigiria o cálculo separado de cada coeficiente para cada lado de fluido.

Como o objetivo da eficiência de transferência de calor sobre o fluido quente, para haver maior resfriamento, sugere-se realizar a inversão da entrada do fluido quente dos tubos para o lado do casco, pois isso ocasionou uma diminuição de temperatura de 10% através das simulações numéricas.

## 8. BIBLIOGRAFIA

COSTA, M. C. V. *Simulação e análise do efeito da variação de parâmetros sobre a perda de carga e transferência de calor em trocadores de calor casco e tubo*. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, 2016.

HOBMEIR, M, A. *Simulação numérica em trocadores de calor de tubos circulares e elípticos.* 2004. 41 f. Trabalho de Graduação. Curitiba, 2004.

MENTER, F. R. *Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications*, AIAA Journal vol. 32, 1994.

ÖZISIK, M. N. *Transferência de calor*. Rio de Janeiro: Guanabara,1990.

PATANKAR, S. V. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere, New York, 1980.

RAHIM, A. JAMEEL, S. M. S. 2012. *Shell side analysis of a small shell-and-tube heat exchanger considering the effects of baffle inclination on fluid flow*. YMCA University of Science & technology, Faridabad, Haryana. Oct 19-20.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO REATIVO EM UM FORNO DE QUEDA LIVRE – DTF

**Tuane Paula May**
**Cristiano Vitorino da Silva**
URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Erechim, RS, Brasil.
E-mails: tuane.may@hotmail.com; cristiano@uricer.edu.br

***Resumo.*** *O presente trabalho apresenta um modelo numérico para estudar o processo de combustão de carvão mineral e biomassa lenhosa implementado em um forno de queda livre – (DTF), utilizando como ferramenta de simulação o software Ansys CFX v.15. A modelagem numérica é realizada a partir de formulações disponíveis na literatura, caracterizando os fenômenos da co-combustão do carvão e da biomassa. O objetivo principal é avaliar o processo de co-combustão e comparar os resultados com os disponíveis em Wang et al. (2014). Adotando-se as mesmas condições de contorno do modelo de referência para este trabalho, avaliou-se os resultados relativos ao campo de temperatura e a taxa de queima das partículas (burnout), para três casos distintos, considerando-se que as diferenças se deram nas proporções de combustível utilizado, sendo: caso (I) 100% de carvão, caso (II) 100% de biomassa e caso (III) co-combustão de carvão com biomassa para uma mistura de 50% de biomassa e 50% de carvão. Através da análise dos resultados verificou-se uma boa concordância entre os modelos do presente trabalho com os resultados apresentados por Wang et al. (2014), demonstrando que o modelo desenvolvido para simular o escoamento reativo em um forno de queda livre – DTF foi eficiente.*

***Palavras-chave:*** *DTF, Carvão, Biomassa, Co-combustão, CFD.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a filosofia de desenvolvimento sustentável dos dias atuais, um enorme problema ainda presente é a perspectiva de falta no suprimento de energia, apontada exaustivamente por pesquisadores e profissionais da área, seja pelo esgotamento de fontes não renováveis de energia, seja pela ausência de tecnologias acessíveis de economia de energia e aproveitamento de novos recursos. (Dias, 2014). No Brasil, estima-se que 80% da energia utilizada sejam oriundas da queima de derivados do petróleo, gás natural, carvão mineral, lenha, carvão vegetal e resíduos agroindustriais, ou seja, por processos de combustão. A desvantagem da utilização destes processos é a poluição do ar, tema que tem sido amplamente pesquisado nas últimas décadas e caracteriza-se como um fator de grande importância na busca da preservação do meio ambiente e na implementação de um desenvolvimento sustentável para o planeta, pois seus efeitos afetam de diversas formas a saúde humana, os ecossistemas e os materiais (Francisco, 2012).

Uma fonte de energia alternativa e renovável que está atraindo muitos estudos é a biomassa. O emprego da biomassa como combustível renovável é justificado pela possibilidade de utilização em processos de combustão e co-combustão. A co-combustão é uma técnica de queima de dois ou mais combustíveis distintos para produção de energia em usinas termelétricas. Essa tecnologia produz uma taxa inferior de gases poluentes quando comparada a tecnologias que utilizam somente combustíveis fósseis. Além de ser uma alternativa para reduzir a dependência do carvão mantendo uma eficiência considerável, também é uma forma de energia que pode utilizar diversos tipos de biomassa.

Neste sentido, no presente trabalho uma modelagem de queima de carvão mineral e biomassa lenhosa é desenvolvida, implementando-se sobre a geometria de um forno de queda livre - DTF, tendo como intuito primordial deste trabalho a avaliação do processo de combustão comparando os resultados com os disponíveis em Wang *et al.* (2014).

## 2. MODELAGEM MATEMÁTICA

### 2.1 Processo de combustão do carvão

A modelagem da combustão de carvão bruto pulverizado é utilizada para a determinação da temperatura, concentração de espécies químicas e campos de velocidade tanto da mistura gasosa como para as partículas de carvão bruto, cinzas e o carbono residual das partículas. O esquema cinético para a pirólise de partículas de carvão utilizado

neste trabalho foi proposto por Silva *et al.* (2010), e assume que o carvão mineral é composto de carvão bruto (*raw coal*), cinza (*ash*) e água (umidade). O carvão bruto decompõe-se em carbono residual e gases voláteis através de duas reações paralelas e concorrentes ($R_{1,c}$ e $R_{2,c}$) de desvolatilização, segundo o modelo proposto por Ubhayakar *et al.* (1976). As cinzas e a água presentes na partícula de carvão podem ser consideradas como impurezas do carvão, pois não produzem energia.

O esquema do processo de pirólise da partícula de carvão pode ser observado na Fig. 1, considerando-se nesta modelagem a secagem das partículas de carvão proposto por Xianchun *et al*. (2009). Este modelo estabelece que a partícula úmida de carvão sofre uma reação química prescrita pelo modelo de Arrhenius de evaporação da umidade presente na partícula a uma temperatura de 373 K, resultando em carvão seco e vapor de água.

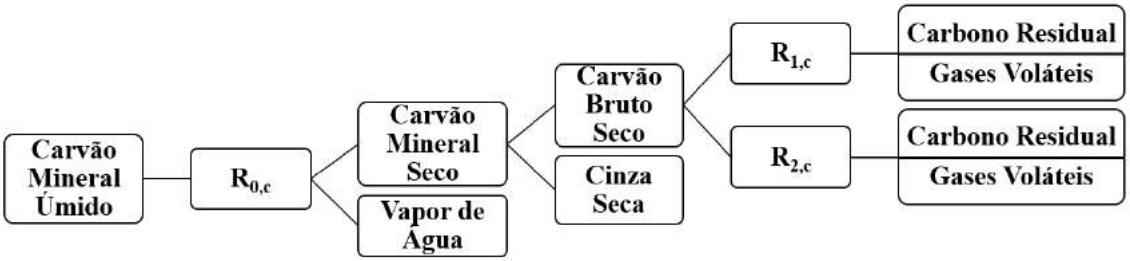



Figura 1. Modelo de pirólise do carvão com secagem. A reação $R_{0,c}$ refere-se a etapa de secagem.

## 2.2 Processo de combustão da biomassa

Segundo Haseli *et al.* (2011a) a combustão de uma partícula de biomassa é um fenômeno complexo e que envolve diferentes processos químicos e físicos sucessivos como o aquecimento, a secagem, a desvolatilização, a oxidação e gaseificação do carbono residual, combustão de compostos voláteis e de carbono residual, envolvendo várias reações na fase gasosa, sendo dependente de vários parâmetros, como o tamanho, a forma e a densidade das partículas, da temperatura do processo, da concentração de oxigênio e do fluxo de espécies químicas.

Segundo Shafizadeh e Chin (1977), o esquema cinético para a pirólise das partículas de biomassa assume que esta é composta de biomassa bruta, cinzas e água. A biomassa bruta decompõe-se em gases leves, alcatrão e carbono residual por meio de três reações que ocorrem em paralelo ($R_{1,b}$, $R_{2,b}$ e $R_{3,b}$). As cinzas e a água, assim como foi anteriormente descrito para o carvão, podem ser consideradas como impurezas, pois somente a biomassa bruta produz energia.

Neste trabalho foi implementado um modelo para prever a secagem das partículas de biomassa proposto por Bryden *et al.* (2002), onde determina que a partícula úmida de biomassa sofre uma reação química, sendo que a umidade presente evapora a uma temperatura de 373 [K], resultando em biomassa seca e vapor d'água. Por conseguinte, o esquema do processo de pirólise com secagem para a biomassa pode ser visualizado na Fig. 2.

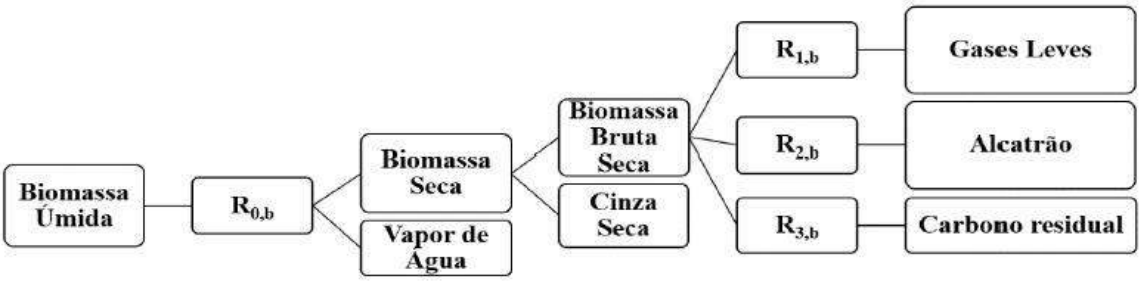



Figura 2. Modelo da pirólise para as partículas de biomassa com o processo de secagem, este representado pela reação $R_{0,b}$.

## 2.3 Equações de transporte

Para a análise diferencial do escoamento reativo do forno de queda livre – DTF um conjunto de equações de conservação de massa e espécies químicas, conservação da quantidade de movimento e conservação de energia, acopladas à modelos de turbulência $k$-$\omega$, transferência de calor por radiação em meios participantes (DTRM – *Driscrete Transfer Radiation Model* / WSGG – *Weighted-Sum-of-Gray-Gases*) e reações químicas de EBU-Arrhenius, foram implementadas no software comercial Ansys CFX *v*.15, o qual é baseado no método dos volumes finitos (Patankar, 1980).

## 3. FORNO DE QUEDA LIVRE – DTF

O forno de queda livre, ou ainda a fornalha tubular de queda, é chamado em inglês como *Drop Tube Furnace* (DTF), que também pode ser referenciado como *Entrained Flow Reactor* (EFR). Trata-se de um equipamento laboratorial para estudos de combustão do carvão. Segundo Zimmer (2012), as partículas são continuamente alimentadas num tubo vertical e transportadas por uma corrente de gás. O tubo pode ser superficialmente aquecido ou o gás pode ser pré-aquecido, ou ambos. As partículas coletadas em vários pontos ao longo do tubo vertical são rapidamente resfriadas por sondas, buscando reproduzir as condições encontradas em combustores de combustíveis pulverizados (ou suspensos).

Os sistemas DTF são relativamente baratos de operar e podem gerar múltiplos conjuntos de dados em um período curto de tempo. A mais importante habilidade destes sistemas é a de simular as condições de operação de um processo de combustão de grande escala, especialmente em altas temperaturas e taxas de aquecimento. Os DTFs podem ser configurados usando os parâmetros chaves operacionais para produzir resultados similares àqueles observados em queimadores reais. Os parâmetros chaves incluem temperatura do gás, velocidade do gás, tempo de residência da partícula, excesso de ar, taxas de aquecimento, e temperaturas superficiais das partículas (Zimmer, 2012).

Segundo Wang *et al.* (2014), o DTF do Instituto Superior Técnico de Lisboa, no qual se baseou o estudo deste trabalho, opera em temperatura máxima de 1100 ºC. A câmara de combustão é cilíndrica de inox, com diâmetro interno de 50 mm para experimentos em ar, e uma de cerâmica de diâmetro interno de 38 mm para experimentos em oxi-combustão e combustão em ar atmosférico. Ambos os cilindros têm 1300 mm de comprimento. Um exemplo do modelo esquemático do DTF utilizado neste trabalho se apresenta na Fig. 3 a seguir.

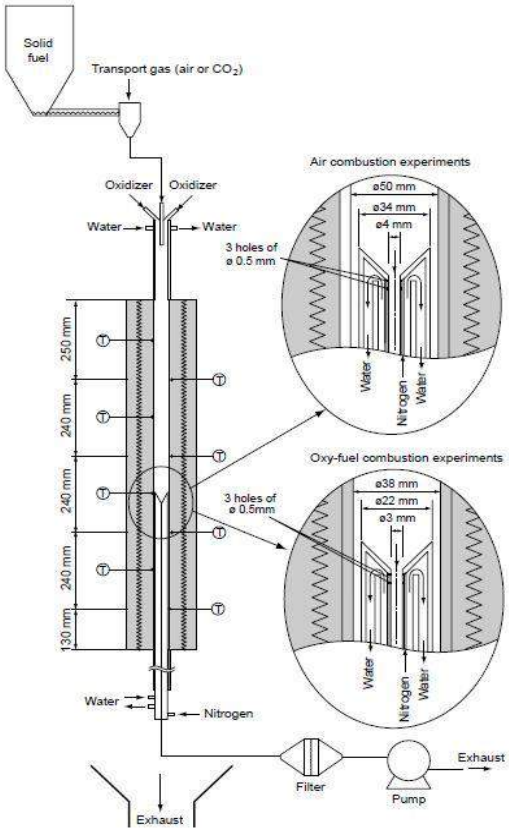



Figura 3. Vista esquemática do DTF e equipamentos auxiliares.

## 4. METODOLOGIA

As simulações dos processos de combustão dos combustíveis sólidos deste trabalho foram conduzidas no DTF com uma temperatura de 1100 °C conforme condições de contorno prescritas por Wang *et al.* (2014), para três casos distintos, considerando-se que as diferenças se deram nas proporções de combustível utilizado, sendo: Caso (I) 100% de carvão, Caso (II) 100% de biomassa e Caso (III) co-combustão de carvão com biomassa para uma mistura de 50% de biomassa e 50% de carvão.

A malha computacional foi gerada no software ICEM CFD, aplicando-se volumes tetraédricos no núcleo do domínio e prismáticos nas paredes. Na região da entrada de combustível e oxidante há um refinamento na malha, considera-se que nas paredes aplicam-se as condições de não deslizamento e impermeabilidade.

As constantes cinéticas empregadas na reação de secagem das partículas de carvão e biomassa adotadas neste trabalho, ou seja, o fator pré-exponencial e a energia de ativação são mostradas respectivamente na Tab. 1 e na Tab. 2 a seguir.

Tabela 1. Constantes cinéticas para as reações envolvendo o carvão.

| Reação | $A_r$ | $E$ [kJ/mol] |
|---|---|---|
| $R_{0,c}$ | 4,5874 x $10^{12}$ [$kg^{-2}.m^6.s^{-1}$] | 78.95 |
| $R_{1,c}$ | 2 x $10^9$ [$s^{-1}$] | 160 |
| $R_{2,c}$ | 2 x $10^9$ [$s^{-1}$] | 160 |

Tabela 2. Constantes cinéticas para as reações envolvendo a biomassa.

| Reação | $A_r$ | $E$ [kJ/mol] |
|---|---|---|
| $R_{0,b}$ | 5,13 x $10^6$ [$kg^{-2}.m^6.s^{-1}$] | 88,0 |
| $R_{1,b}$ | 4,38 x $10^9$ [$s^{-1}$] | 152,7 |
| $R_{2,b}$ | 3,27 x $10^6$ [$s^{-1}$] | 111,7 |
| $R_{3,b}$ | 1,08 x $10^6$ [$s^{-1}$] | 148,0 |

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Combustão de carvão mineral – caso (I)

Com o intuito de validar o modelo computacional desenvolvido para o trabalho, a Fig. 4 apresenta o perfil de temperaturas ao longo do comprimento axial do eixo do reator para o carvão mineral puro em comparação com os dados experimentais e também o modelo numérico apresentado por Wang *et al.* (2014).

A Fig. 5 apresenta a reatividade dos combustíveis avaliada através do *burnout*, quanto maior o *burnout*, maior a reatividade ao oxigênio do carvão ou da biomassa. A curva de *burnout* para o processo de combustão de carvão é apresentada em comparação com os resultados apresentados por Wang *et al.* (2014).

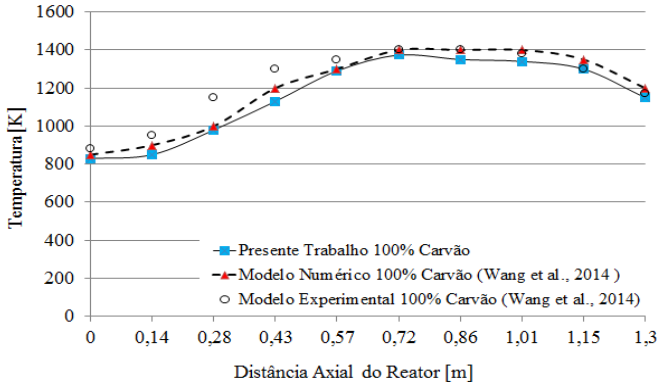



Figura 4. Distribuição de temperatura do carvão ao longo do reator em comparação com o modelo referência.

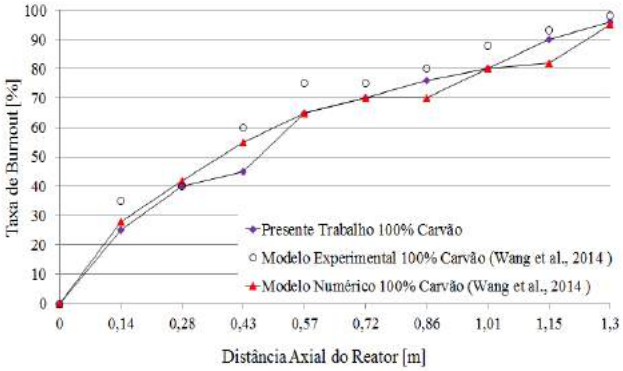



Figura 5. Taxa de *burnout* do carvão ao longo do reator em comparação com o modelo de referência.

Analisando os resultados dos perfis de temperatura (Fig. 4) verifica-se uma semelhança entre os resultados do presente trabalho com os resultados numéricos obtidos por Wang *et al.* (2014), atingindo uma temperatura máxima de 1400 [K] e coincidindo em alguns pontos. Pode-se verificar também boa concordância com os dados experimentais.

As curvas de temperatura apresentam comportamentos similares, observa-se que as faixas começam a queimar em temperaturas muito próximas com características semelhantes ao longo do reator. Segundo Wang *et al.* (2014), os perfis de temperatura são caracterizados por um aumento inicial da temperatura que é bastante similar para todos os combustíveis sólidos. Este aumento na temperatura resulta principalmente da combustão dos voláteis.

Observando os resultados de *burnout* ao longo do reator (Fig. 5), verifica-se uma tendência de aproximação dos valores obtidos pelo presente trabalho com os valores obtidos por Wang *et al.* (2014) estendendo-se por todo o reator. Pode-se notar que depois da primeira metade do forno o *burnout* é praticamente completo (próximo de 100%). Isto acontece porque a temperatura é suficientemente alta e o tempo de residência é suficientemente longo para que todos os voláteis sejam liberados e praticamente todo o carbono seja consumido.

### 5.2 Combustão de biomassa lenhosa – caso (II)

No processo de combustão de biomassa lenhosa pura o perfil de temperatura é apresentado na Fig. 6 e a taxa de *burnout* exibida na Fig. 7 comparados com os resultados reportados no trabalho de Wang *et al.* (2014).

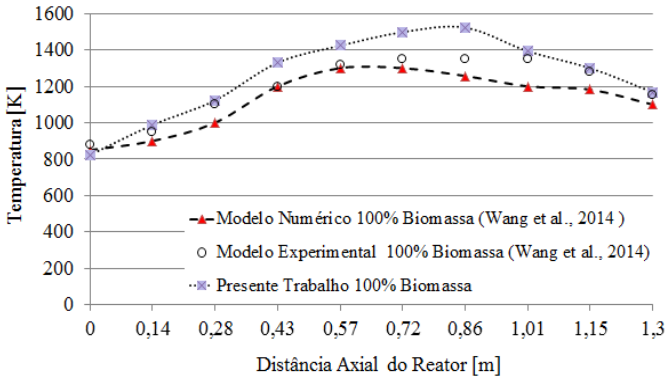



Figura 6. Distribuição de temperatura da biomassa ao longo do reator em comparação com o modelo referência.

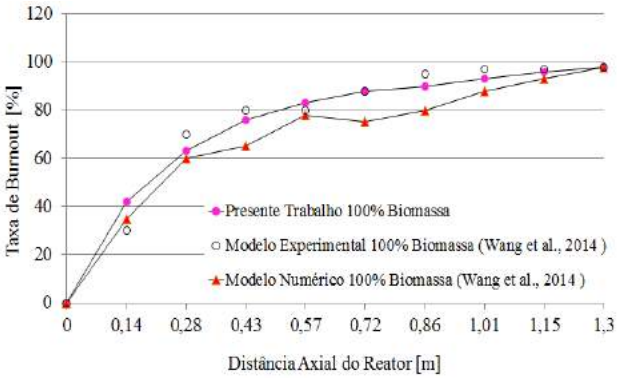



Figura 7. Taxa de *burnout* da biomassa ao longo do reator em comparação com o modelo de referência.

É possível identificar na Fig. 6 que os perfis de temperatura do presente trabalho se assemelham com os perfis obtidos por Wang *et al.* (2014). Entretanto observa-se um perfil de temperatura mais elevado no presente trabalho. Esta diferença atribui-se ao fato do presente trabalho não realizar uma avaliação de balanço energético no reator, desta forma, uma avaliação completa da energia envolvida no processo considerara todo o calor gerado no reator, calor associado aos fluxos de massa, a ocorrência de combustão parcial e calor perdido para o ambiente por condução, convecção ou radiação.

Por meio da análise dos resultados da Fig. 7, verifica-se uma boa concordância com os valores obtidos com a presente modelagem e os valores obtidos por Wang *et al.* (2014), que constataram que as biomassas são caracterizadas por um alto teor de matéria volátil e oxigênio, e baixos teores de cinzas, carbono, nitrogênio e enxofre, obtendo-se na sua queima elevadas conversões de *burnout*, o que para a biomassas se devem em muito pela sua estrutura celular.

### 5.3 Co-combustão de carvão mineral e biomassa lenhosa – caso (III)

Atualmente o uso do carvão como combustível em centrais termelétrica vem se ampliando cada vez mais e alternativas para amenizar os impactos ambientais das emissões de dióxido de carbono devem ser buscadas. Uma delas seria a inclusão de biomassa de origem vegetal, como madeiras ou resíduos agrícolas, na forma de um aditivo ao carvão, o que poderia ser relativamente fácil de se implementar nas usinas, diminuindo as emissões deste poluente, seguindo as mesmas políticas já implantadas para os combustíveis como a gasolina e o óleo diesel.

Assim, nesta seção apresenta-se um estudo para a co-combustão de carvão de biomassa e carvão mineral através da simulação do processo num reator DTF. Busca-se investigar quais proporções da mistura seriam adequadas a operação dos geradores de vapor de usinas, a fim de se avaliar se estas misturas apresentariam as mesmas condições de operação nas fornalhas de grande escala, reproduzindo resultados similares para a queima, o que poderia indicar uma possibilidade de implementação.

A Fig. 8 a seguir exibe os perfis de temperatura da mistura de carvão e biomassa (co-combustão) em comparação com os estudos do presente trabalho para o caso do processo de combustão do carvão e da biomassa. Adota-se uma mistura de 50% de biomassa no carvão. Na Fig. 9 a seguir se apresenta as taxas de *burnout* ao longo do reator para os casos do presente trabalho.

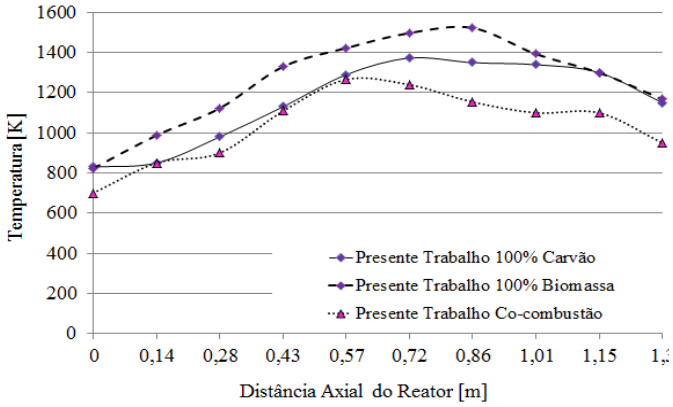



Figura 8. Distribuição de temperatura ao longo do reator.

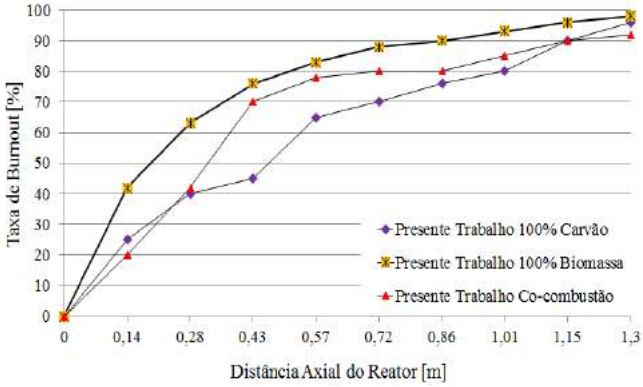



Figura 9. Taxa de *burnout* ao longo do reator.

Com análise dos resultados obtidos pelo presente trabalho (Fig. 8) e de acordo com Wang *et al.* (2014), as biomassas de madeira apresentaram uma combustibilidade maior que a combustibilidade dos carvões. Entretanto os perfis de temperatura para biomassa e carvão são semelhantes, e a temperatura dos combustíveis é suficientemente elevada para manter o processo de combustão, fato atribuído ao alto teor de matéria volátil presentes na biomassa e no carvão, que justificam a elevação nos perfis de temperatura.

Verifica-se também que no caso da co-combustão, a partir de uma distância de 0,6 m da entrada, tem-se uma queda significativa nos valores das temperaturas, indicando que a biomassa interfere no processo e, neste caso, de forma negativa, pois numa caldeira se desejam temperaturas elevadas para manter as taxas de transferência de calor, indicando que poderiam ter problemas na operação de uma caldeira para esta condição de mistura. Maiores investigações devem ser realizadas para se buscar as causas deste resultado, bem como outros estudos com relação as condições de operação e proporções de misturas para se obter uma condição mais ideal de queima.

Nota-se na Fig. 9 que o *burnout* tem suas taxas aumentadas à medida que a distância do queimador na região de entrada dos combustíveis e oxidante aumenta, para todos os casos, sendo que as taxas para biomassa pura são mais elevadas. Na adição de biomassa ao carvão, no caso de co-combustão, melhoram estas taxas em relação ao carvão puro, indicando melhoras na reatividade do combustível, garantindo melhores eficiências de queima, pois maior é a porcentagem de resíduo carbonoso oxidado no reator.

Conforme apresentado por Wang *et al.* (2014), bem como para os resultados verificados neste trabalho, a biomassa produz valores de taxa de *burnout* comparáveis aos do carvão devido a uma série de fatores, principalmente em relação a sua maior concentração de matéria volátil, o que aumenta o *burnout*. No entanto, seu maior teor de umidade e maiores tamanho de partículas, de forma oposta, diminuem estas taxas de reatividade, mas que, mesmo assim, no presente estudo aumentam as taxas de *burnout*.

Na presente modelagem, para os casos da combustão do carvão e da biomassa e no processo de co-combustão, tem-se a inclusão do modelo de secagem das partículas, bem como a nucleação e queima da fuligem e sua modelagem espectral para inclusão no WSGG na transferência de calor por radiação, o que não é considerado por Wang *et al.* (2014).

## 6. CONCLUSÕES

Neste trabalho um modelo numérico para a previsão do processo de combustão de carvão, biomassa e co-combustão é implementado em um código CFD comercial e, desta forma, os estudos numéricos foram conduzidos em um forno de queda livre - DTF (*Drop Tube Furnace*), um equipamento capaz de reproduzir em escala laboratorial as condições (taxa de aquecimento e temperatura) presentes em fornalhas industriais que operam com combustíveis sólidos.

Os resultados obtidos foram comparados com um modelo de referência apresentado por Wang *et al.* (2014), para os casos (I) e (II) obteve-se uma boa concordância com os resultados mensurados por Wang *et al.* (2014). No caso (III) o intuito foi comparar o processo de co-combustão com os resultados dos casos (I) e (II), a fim de se avaliar a possibilidade de implementação de misturas de combustíveis em processos reais de combustão em fornalhas de geradores de vapor.

Concluiu-se que a biomassa afeta o processo de queima na co-combustão, minimizando valores de temperaturas para a segunda metade do reator e aumentando as taxas de reatividade de *burnout* em relação ao caso do carvão puro. As maginitudes de temperaturas caem, mas as taxas de *burnout* aumentam. Maiores estudos em relação as proporções a serem adotas, bem como variações nas condições de operação devem ser realizadas para se verificar qual seria a melhor possibilidade de co-combustão.

Portanto, os resultados obtidos indicam que o modelo de combustão desenvolvido no presente trabalho para simular o escoamento reativo em um forno de queda livre – DTF é bastante eficiente, podendo ser uma ferramenta de auxílio para a caracterização do comportamento das reações envolvidas na combustão de carvão, biomassa e co-combustão destes combustíveis, sendo uma importante ferramenta de projeto e avaliação de processos de combustão de combustíveis sólidos, carvão e biomassa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bryden, K. M.; Ragland, K. W.; Rutland, C. J. Modeling thermally thick pyrolysis of wood. Biomass and Bioenergy, v. 22, p. 41-53, 2002.

Dias, F. L. G. Análise do uso de CFD para o Regime de Combustão Sem Chama Visível em um Fornalha. Tese (Doutorado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica, UNIFEI, Minas Gerais, 2014.

Francisco, R. P. Estudo Termoquímico da Queima de Combustíveis em Caldeiras usando Balanços de Energia. Tese (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, UFSJ, Minas Gerais, 2012.

Haseli, Y.; Van Oijen, J. A.; DE Goey, L. H. P. Modeling biomass particle pyrolysis with temperature-dependent heat of reactions. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 90, p. 140-154, 2011a.

Patankar, S. V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. Hemisphere, Washington, DC, 1980.

Silva, C. V.; Indrusiak, M. L. S.; Beskow, A. B. CFD analysis of the pulverized coal combustion processes in a 160 MWe tangentially-fired-boiler of a thermal power plant. Journal of the Brazilian Soc. Mechanical Sciences. & Eng., v. XXXII, n. 4, p. 328-336, 2010.

Shafizadeh, F.; Chin, P. S. Thermal deterioration of wood, Chemical Aspects. ACS Symposium Series, v.43, p. 57-81, 1977.

Ubhayakar, S. W.; Stickler, D. B.; Rosenberg J. R.; Gannon, R. E. Rapid Devolatilization of Pulverized Coal in Hot Combustion Gases. Proceedings of the Combustion Institute, p. 427-436, 1976.

Wang, G., Costa, M.M.G., Azevedo, J.L.T. "Co-combustion of solid fuels: experiments and modeling". Thesis approved in public session to obtain the PhD Degree in Mechanical Engineering, ULisboa, Portugal, 2014.

Xianchun, L.; Hui, S.; QI, W.; Chatphol, M.; Terry, W.; Jianglong, Y. Experimental study on drying and moisture re-adsorption kinetics of an Indonesian low rank coal. Journal of Environmental Sciences Supplement, v. 5, p. 127-130, 2009.

Zimmer, L. Modelagem da Combustão de Carvão em um Forno de Queda Livre. Tese (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRGS, Porto Alegre, 2012.

CONIGTI

# Engenharia Mecânica:

# Processos de Fabricação

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# O EFEITO DO PRÉ AQUECIMENTO EM CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083 SOLDADAS PELO PROCESSO FSW

**DANIEL PEZZINI**
**GUILHERME VIEIRA BRAGA LEMOS**
**ARTHUR BORTOLIN BESKOW**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus Erechim
daniel.pezzini@hotmail.com; arthur@uricer.edu.br

**Orientador: Guilherme Vieira Braga Lemos**

***Resumo.*** *Neste trabalho foram unidas chapas da liga de alumínio AA 5083 com 6,4 mm de espessura pelo processo Friction Stir Welding (FSW) em um centro de usinagem CNC de 3 eixos, com a velocidade de rotação da ferramenta variando entre 900 rpm e 1450 rpm, velocidade de soldagem entre 20 mm/min e 80 mm/min e com a ferramenta posicionada perpendicularmente. Também foi realizado o pré-aquecimento de algumas chapas utilizando-se resistências elétricas para produção de soldas e comparação dos resultados. Posteriormente ao processo de soldagem, corpos de prova foram confeccionados e analisados com metalografia da seção transversal da solda, ensaios de tração e dobramento. A solda sem pré-aquecimento apresentou um bom aspecto sem defeitos visíveis, porém foi reprovada nos ensaios de tração devido à baixa tensão suportada pela solda. Além disso, as soldas com pré-aquecimento foram realizadas utilizando diferentes parâmetros de velocidade de avanço e de rotação da ferramenta, a fim de identificar os parâmetros de processo adequados. Embora a última solda realizada tenha alcançado valores de resistência à tração próximos aos do metal base (290 MPa) utilizando a velocidade de avanço de 42 mm/min, 900 rpm e aquecimento inicial de 200° C, a mesma foi reprovada nos ensaios de dobramento.*

***Palavras chave:*** *Soldagem por fricção, FSW, alumínio, pré-aquecimento.*

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, diferentes métodos de união de metais e materiais foram sendo descobertos e melhorados. E um exemplo é o Friction Stir Welding (FSW), ou soldagem pelo processo de fricção e mistura mecânica. Este processo de soldagem está sendo muito difundido na indústria espacial, naval e automobilística, devido à qualidade superior da solda obtida e ao acabamento superficial. O processo FSW é um processo de soldagem no estado sólido, cujo aquecimento, que causa a união entre as partes a serem soldadas, é gerado termomecanicamente. Este aquecimento é devido à rotação de uma das partes mantida sob pressão contra a outra, que está fixa. Neste processo, uma ferramenta não consumível gira rapidamente entre duas placas posicionadas topo a topo fazendo com que o material de ambas seja misturado, modificando a interface de separação entre elas e consolidando a união (MARQUES et al., 2011).

## 2. METODOLOGIA

O tratamento de pré-aquecimento pode melhorar a plasticidade e a velocidade de fluxo do material. Atualmente, há poucos relatos sobre o efeito do tratamento de pré-aquecimento na distribuição de temperatura e no fluxo de material durante o processo FSW.

A temperatura de pré-aquecimento é definida como a temperatura inicial na qual a peça ou somente a região a ser soldada é submetida antes da operação de soldagem. A utilização de pré-aquecimento proporciona uma diminuição na velocidade de resfriamento e nos gradientes térmicos. Isto é muito importante, pois a seleção de uma determinada temperatura de pré-aquecimento permite certo controle sobre a velocidade de resfriamento da região soldada e, consequentemente, sobre a sua microestrutura e propriedades. A velocidade de resfriamento é muito importante na determinação da microestrutura da solda de ligas que tem sua microestrutura alterada no estado sólido (GODOY, 2008).

O pré-aquecimento aumenta a temperatura do metal vizinho à solda, de tal modo que o gradiente de temperatura (isto é, a diferença de temperatura) entre a solda e a vizinhança fique reduzido. O resultado é que a zona de soldagem aquecida se resfria mais lentamente, visto que a taxa de resfriamento é diretamente proporcional ao gradiente de temperatura entre as massas quente e fria (FORTES, 2004).

### 2.1 Metal base

Para realização da solda foram utilizadas duas chapas de alumínio da série AA 5083, com dimensões de 310 mm de comprimento, 100 mm de largura e espessura de 6,4 mm.

### 2.2 Ferramenta de soldagem

Tanto a ferramenta quanto o pino foram confeccionados no laboratório da URI Campus II, utilizando como material o VC 131. O pino possui rosca métrica cônica direita com passo de 1 mm, sua espessura na parte superior é de 7 mm de diâmetro e na parte inferior 4 mm de diâmetro, o mesmo pode ser visto na Figura 1 (a).

A ferramenta possui ombro com 19 mm de diâmetro e na sua face estrias em espiral. Após introduzido, o pino é fixado por meio de um parafuso lateral, sendo o comprimento do mesmo até o ombro da ferramenta de 5,9 mm. A vista do conjunto completo pode ser visualizada na Figura 1 (b).

Figura 1. (a) Pino (b) Ferramenta montada

### 2.3 Equipamento de soldagem e sistema de fixação das chapas

O laboratório da Uri Câmpus de Erechim possui um centro de usinagem CNC de 3 eixos marca Diplomat, modelo SKYBULL 600. O mesmo foi utilizado para realização das soldas.

Devido à necessidade de realizar o preaquecimento das chapas de alumínio antes de realizar a solda, um dispositivo de fixação das chapas foi confeccionado. Neste dispositivo foram adicionadas duas resistências elétricas tubulares de 900 watts cada uma que são ligadas a um controlador de temperatura que faz o ajuste da temperatura desejada. Para o sistema de coleta de dados foram utilizados termopares do tipo K que resistem até 300 °C e a disposição dos mesmos na superfície das chapas é mostrada na Figura 2.

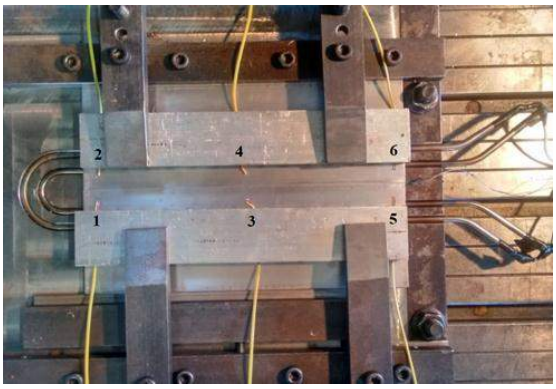



Figura 2. Dispositivo de fixação das chapas de alumínio com pré aquecimento

### 2.4 Análises e ensaios realizados

Análises metalográficas da junta soldada foram realizadas em todos os corpos de prova para visualização da seção transversal da solda. Após os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de tração e dobramento.

## 3. RESULTADOS

Para a preparação das chapas a serem soldadas, primeiramente suas superfícies são lixadas com uma lixa 220, são feitos seis furos com diâmetro de 1 mm onde são fixados os termopares por meio de puncionamento. As medidas de furação são dois furos no centro da chapa e distantes 13 mm do centro da solda, afastando-se 133 mm tanto para a esquerda quanto para a direita e mantendo a distância do centro da solda são feitos os demais furos.

Após a fixação dos termopares as chapas são fixadas no dispositivo, as resistências elétricas ligadas e os termopares conectados a um Data Logger que faz o registro das temperaturas durante a soldagem. Quando a temperatura desejada é atingida, a solda pode ser iniciada, em todas as soldas o sentido de rotação da ferramenta utilizado é anti-horário. A Tabela 1 apresenta todos os parâmetros utilizados nas 5 soldas.

Tabela 1. Parâmetros utilizados durante a soldagem.

| Descrição | Solda 1 | Solda 2 | Solda 3 | Solda 4 | Solda 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura inicial das chapas (°C) | 81 | 184 | 200 | 200 | 200 |
| Velocidade de rotação da ferramenta (rpm) | 1450 | 1450 | 1450<br>1015<br>940 | 900 | 900 |
| Inclinação da ferramenta (graus) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Velocidade de avanço da ferramenta (mm/min) | 25 | 30 | 80<br>40 | 80 | 60<br>42 |
| Penetração do ombro na peça (mm) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Comprimento do pino (mm) | 5,9 | 5,9 | 5,9 | 5,9 | 5,9 |
| Velocidade de penetração na peça (mm/min) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Tempo de aquecimento (segundos) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Potência consumida pela máquina (%) | 25 a 27 | 16 a 17 | 28 a 30<br>26 a 28 | 27 a 30 | 26 a 28<br>26 a 28 |

Para a solda 1 foi utilizado apenas uma resistência elétrica para aquecimento, o qual provou não ter capacidade de aquecer rapidamente as chapas, nesta ocasião o dispositivo também estava fixado diretamente na mesa do centro de usinagem dificultando ainda mais o aquecimento devido a transferência de calor para a mesa da máquina. Nos testes seguintes, uma segunda resistência elétrica foi adicionada ao dispositivo e o mesmo foi suspenso da mesa através de calços, diminuindo assim o tempo de aquecimento. Os termopares foram fixados a 12 mm do centro da solda, durante o processo os mesmos foram arrancados pelas rebarbas prejudicando o registro dos dados de temperatura. Devido a estes fatores a temperatura inicial das chapas ficou em 81° C.

Para a solda 2, a distância dos termopares foi corrigida, evitando que os mesmos fossem arrancados pela rebarba, porém, com a adição de mais uma resistência e, assim, atingindo temperaturas próximas aos 200° C os termopares acabaram derretendo e novamente os registros dos dados de temperatura foram perdidos, o controlador foi ajustado para 200° C e as medições no termopar 1 chegaram a 184° C que foi a temperatura inicial das chapas. A solda 2 foi reprovada devido a formação de um vazio que quase atravessa toda a extensão das chapas.

Para a solda 3, os termopares foram substituídos por um modelo que resiste a altas temperaturas, conseguindo assim resistir aos 200° C ajustados. Nos 80 mm iniciais da solda, os parâmetros utilizados foram de 1450 rpm e avanço de 80 mm/min. Porém, devido a formação de um grande vazio visível, o avanço foi reduzido para 40 mm/min até a distância de 140 mm, neste ponto a rotação da ferramenta foi baixada para 1015 rpm, e na distância de 180 mm a rotação foi novamente baixada, agora para 940 rpm e permanecendo assim até a conclusão da solda. A solda apresentou formação de vazios até praticamente a metade, resultando assim na reprovação da mesma. A partir do ponto onde a rotação da ferramenta foi ajustada para 1015 rpm, a chapa foi cortada e foram confeccionados corpos de prova para avaliar o interior da solda.

A solda 4 foi realizada utilizando 900 rpm e avanço de 80 mm/min, a temperatura inicial das chapas foi de 200° C.

Para a solda 5 foram utilizadas duas velocidades de avanço, 60 mm/min até a metade da solda e a partir da metade o avanço foi baixado para 42 mm/min. A rotação de 900 rpm foi mantida durante todo o processo e a temperatura inicial

foi de 200° C. A Figura 3 apresenta a solda concluída, não são visíveis falhas ou vazios e a solda possui um bom aspecto com pouca rebarba. Dentre as soldas, a solda 5 é visivelmente a melhor devido a pequena formação de rebarba, temperatura inicial realmente ter atingido os 200° C e devido a pequena quantidade de vazios tanto no início como no final da solda.

Figura 3. Solda 5

O gráfico de temperatura da solda 2 não é apresentado na Figura 4 pelo fato do isolante dos termopares ter derretido com a alta temperatura causando desta forma erros de leitura. É visível nos gráficos das soldas 3, 4 e 5 que a temperatura inicial do processo é mais baixa, em torno de 350° C distante 13 mm do centro da solda, este dado também poderia ser visualizado no gráfico da solda 1, porém como os termopares ficaram próximos demais da solda, as rebarbas geradas os danificavam.

Também é perceptível que o tempo de aquecimento da ferramenta de 60 segundos no início do processo é necessário, pois logo após o início da movimentação da ferramenta a temperatura diminui e volta a aumentar na proximidade do termopar, mas não chega próximo das temperaturas do segundo e terceiro par de sensores que ficam entre 400° C e 450° C.

Na solda 5 obteve-se um aquecimento inicial um pouco maior em relação as demais soldas, próximo dos 375° C, já é visível a melhoria no início da solda pois a mesma não apresentou falhas

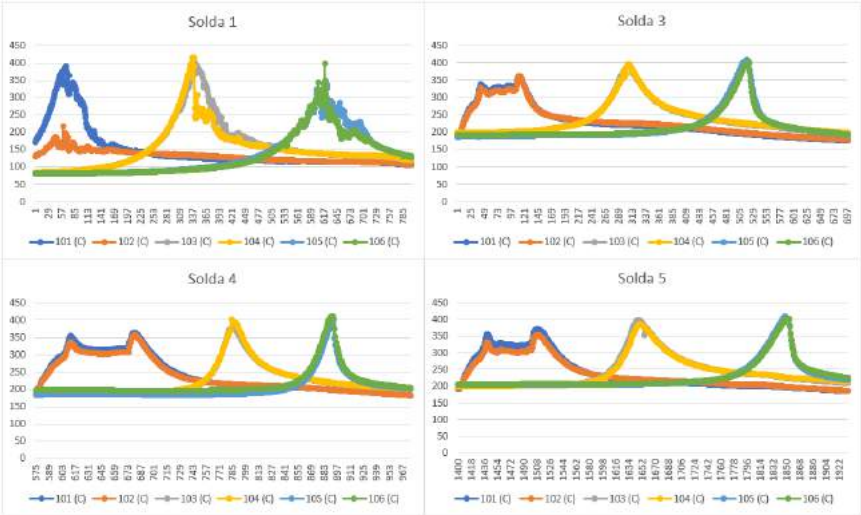



Figura 4. Gráficos de temperatura

Para as análises metalográficas, apenas os corpos de prova onde não eram visíveis falhas ou vazios foram selecionados, os corpos de prova da solda 1, 3 e 4 apresentaram vazios internos após os ensaios. Apesar de apenas a solda 5 não apresentar vazios internos na região da solda, todas as demais foram submetidas aos ensaios de tração. Os gráficos de tensão máxima são mostrados na Figura 5.

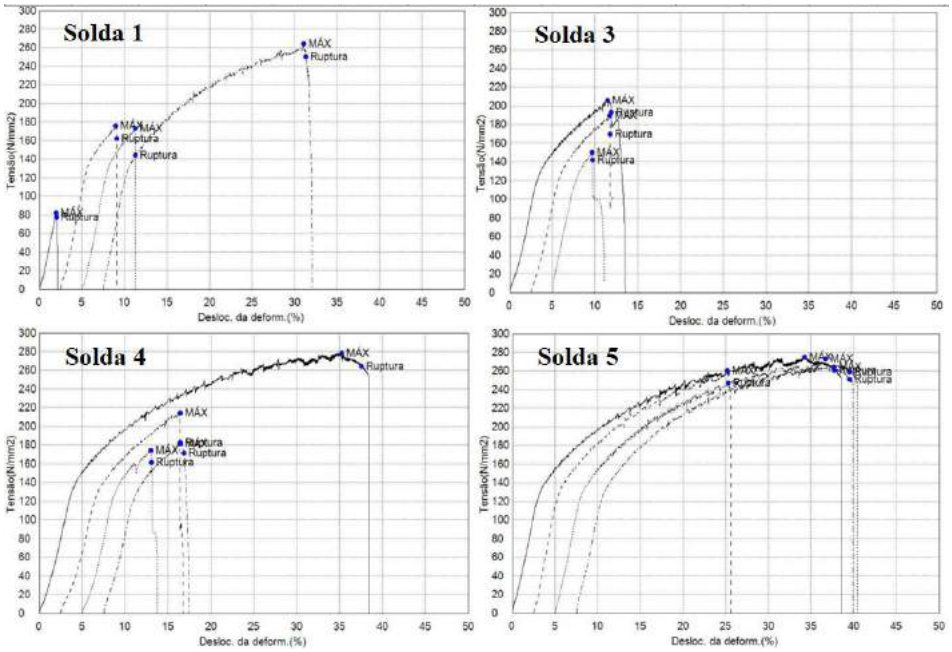



Figura 5. Gráficos de tensão máxima dos ensaios de tração

Como pode ser visto nos gráficos de tensão máxima, a solda 1, 3 e 4 não obtiveram bons resultados nos ensaios de tração, todos os corpos de prova romperam na região soldada, esse fato somado com a baixa tensão suportada resulta na reprovação das soldas.

A solda 5 foi a solda com melhores resultados. Os corpos de prova 3, 9 e 12 chegaram à tensão máxima próxima dos 270 MPa e romperam fora da área da solda, apenas o corpo de prova 6 rompeu na solda, provavelmente devido à presença de vazios internos, porém, este fato acaba reprovando a solda 5.

Os ensaios de dobramento foram realizados somente na solda 5, pois foi a solda que obteve os melhores resultados nos ensaios de tração. Os corpos de prova 1, 4, 7 e 10 foram submetidos ao dobramento de face, os corpos de prova 2, 5, 8 e 11 foram submetidos ao dobramento de raiz.

No dobramento de face, o corpo de prova 1 possui falha devido a localização ao lado do ponto onde a ferramenta é introduzida, o corpo de prova 7 representa exatamente o ponto onde a velocidade de avanço foi diminuída de 60 mm/min para 42 mm/min, ocasionando falhas neste ponto.

No dobramento de raiz, as soldas executadas com avanço de 42 mm/min não sofreram danos, enquanto que as soldas executadas com avanço de 60 mm/min sofreram rompimento.

## 4. CONCLUSÕES

Apesar do emprego do processo FSW com uma fonte de calor ser relativamente novo e pouco estudado no Brasil, através dos testes, mudanças de parâmetros de processo como rotação da ferramenta, avanço e temperatura, com apenas 5 soldas foi possível provar que a utilização de resistências elétricas como fonte de calor para preaquecimento pode sim obter bons resultados na formação de juntas soldadas sem vazios, com pouca rebarba e que possam ser aprovados.

A constante avaliação dos resultados obtidos em cada solda e correções nos parâmetros utilizados levou à produção de uma solda com boas características utilizando a rotação de 900 rpm e avanço de 42 mm/min, porém, a solda ainda precisa ser melhorada para ser qualificada. As rupturas dos corpos de prova fora da região da solda e quase atingindo a tensão máxima de 290 MPa mostraram que, com mudanças relacionadas aos parâmetros de soldagem, a utilização do processo FSW com preaquecimento pode resultar em boas juntas soldadas.

## 5. REFERÊNCIAS

FORTES, C., 2004. “Metalurgia da soldagem”. 96 p. Apostila de Assistência Técnica Consumíveis – ESAB BR.

GODOY, L. W., 2008. “Efeito da temperatura de pré-aquecimento e características do pulso na microestrutura de aço estrutural de alta resistência e baixa liga soldado com arco elétrico e proteção gasosa”. 178 p. *Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia, Mecânica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*, São Paulo.

MARQUES, V. P.; MODENESI, J. P.; BRACARENSE, Q. A., 2011.” Soldagem: Fundamentos e tecnologia”. 3. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROCESSO DE SOLDAGEM FSW APLICADO A LIGAS DE ALUMÍNIO SIMILARES AA 5083-O E AA 5052-O

**Guilherme Sangalli**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - *Erechim/RS - Brasil*
gui_sangalli@msn.com

**Guilherme Vieira Braga Lemos**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - *Erechim/RS - Brasil*
guilhermelemos@uricer.edu.br

**Arthur Bortolin Beskow**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - *Erechim/RS - Brasil*
arthur@uricer.edu.br

***RESUMO.*** *A soldagem por fricção e mistura mecânica (Friction Stir Welding - FSW) é um processo de soldagem que usualmente ocorre abaixo do ponto de fusão do metal de base, sendo uma boa alternativa para união de materiais dissimilares em comparação aos processos convencionais de soldagem por fusão. Esse processo é relativamente novo, foi inventado em 1991 no Reino Unido (UK) e a sua área de aplicação é ampla. Este trabalho visa implementar o processo FSW utilizando um centro de usinagem CNC para a união de ligas de alumínio similares AA 5083-O e AA 5052-O em forma de chapas de 6,35 mm de espessura com perfil de junta de topo linear. Para tanto, foram realizados quatro experimentos, utilizando duas geometrias de ferramenta de soldagem, uma com pino cônico com came de três faces roscado e a outra com pino cônico roscado, ambas com um ombro plano com círculo em espiral. Os resultados mostraram que a realização de uma usinagem para a remoção de óxidos e, consequentemente, o alinhamento das chapas soldadas é benéfico para a produção da junta soldada e o fator mais influente para a obtenção de soldas qualificadas pelo processo FSW é a geometria da ferramenta. Por fim, obtendo valores de resistência máxima a tração de 190 MPa e ângulo de dobramento de aproximadamente 150º, foi possível qualificar as soldas.*

***Palavra-chave:*** *Alumínio, Soldagem por fricção e mistura mecânica, União de materiais similares, Centro de usinagem CNC*

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais focos da indústria metal mecânica é a redução de peso, e o alumínio possui como característica uma densidade de cerca três vezes menor que o aço, aliada a uma excelente resistência mecânica (ABAL, 2017). A soldagem de ligas de alumínio pode ser relativamente difícil, devido a diversos fatores que podem prejudicar a obtenção de uma solda de qualidade (Khan et al., 2017). Assim, a geração de diversos defeitos como trincas, porosidades e perdas nas propriedades mecânicas decorrentes dos processos tradicionais de soldagem se deve, em grande parte, pela energia térmica fornecida à junta, tornando o emprego dessa técnica pouco atrativa para a indústria (Oliviecki e Beskow, 2013; Thakur e Bajwa, 2016). Por isso, são usados outros tipos de união como, por exemplo, juntas rebitadas, parafusadas, entre outras (Valenciani, 1997). Outra grande dificuldade encontrada pelos processos convencionais de união é a soldagem de materiais com diferenças nas composições químicas, conhecidos como materiais dissimilares.

Como alternativa para a soldagem de materiais dissimilares, com baixo aporte térmico, destaca-se o processo FSW, também utilizado pela indústria. O processo FSW faz a união dos materiais em seu estado sólido, utilizando uma ferramenta não consumível para realizar uma espécie de mistura mecânica dos materiais na linha de junção. Neste processo, é gerada uma quantidade de calor em função do atrito da ferramenta com a peça, mas as temperaturas atingidas sempre são inferiores ao ponto de fusão do metal de base (Khan et al., 2017)

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Duas chapas de alumínio de composições químicas distintas (ligas AA 5052-O e AA 5083-O) foram utilizadas como metal de base. Estas ligas pertencem à classe 5xxx e são definidas como materiais similares por possuírem basicamente os mesmos elementos de liga, mas com proporções diferentes. As chapas utilizadas têm as dimensões de 310 mm de

comprimento, 100 mm de largura e 6,35 mm de espessura. Dos 310 mm de comprimento da chapa de metal base, foram eliminando 10 mm iniciais e os 20 mm finais da chapa após a soldagem. Destes 280 mm restantes foram extraídos 13 corpos de prova, nos quais foram realizadas macrografias, micrografias, ensaios de tração, dureza e dobramento.

Para a realização de soldas, pelo processo FSW, foi utilizado o centro de usinagem CNC do laboratório da Uri Campus de Erechim. Este CNC possui 3 eixos de movimentação X, Y, Z, e é do modelo *SKYBULL 600* fabricado pela *Diplomat.* As diferenças de propriedades mecânica entre as ligas AA 5052 e AA5083 são mostradas na Tab. 1.

Tabela 1. Propriedades mecânicas das ligas AA 5052-O e AA 5083-O

| **Propriedades** | **Unidade** | **AA 5052-O** | **AA 5083-O** |
|---|---|---|---|
| Limites de resistência à tração | MPa | 170 – 220 | 275 - 350 |
| Limite de escoamento | MPa | min de 65 | 125 - 200 |
| Dureza Brinell | HB | 47 | 60 |

A ferramenta utilizada nos experimentos possui um ombro com diâmetro de 19 mm com chanfro de 2x45°, com uma face com estrias em espiral, facilitando assim o forjamento do material e conduzindo o material extrudado para o centro do pino, possibilitando uma mistura mais homogênea. O pino possui duas variação, conforme mostrado na Fig. 1 o pino número 1 é um pino cônico com came rosqueado com três faces, com 6,6 mm de diâmetro na base e 3,5 mm de diâmetro na ponta, e um comprimento efetivo de 6,6 mm, contendo um perfil de rosca M6 com sentido direito por toda a sua extensão. O pino número 2 é um pino cônico rosqueado com 6 mm de diâmetro na base e 4 mm de diâmetro na ponta e um comprimento efetivo de 6,2 mm, contendo um perfil de rosca M6 com sentido direito por toda a sua extensão. O material de fabricação do ombro e dos pinos da ferramenta é o aço AISI VC 131.

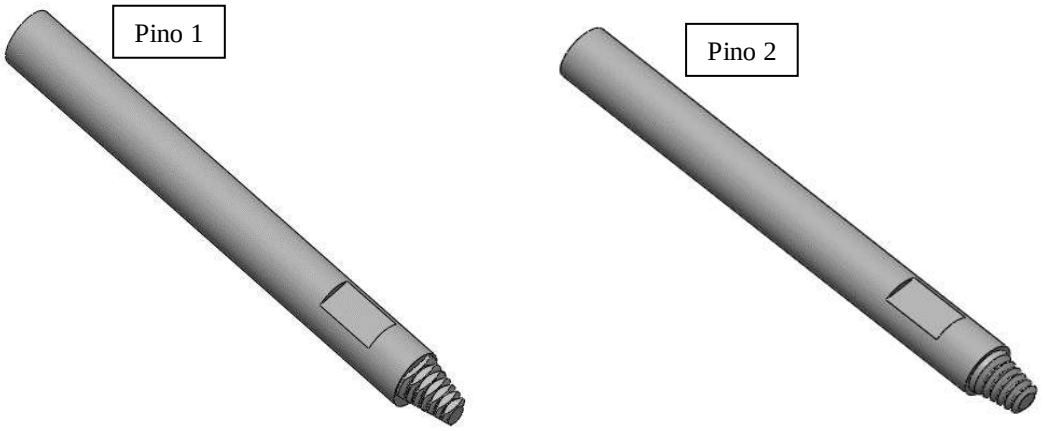



Figura 1. Ilustração dos diferentes modelos de pino

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados quatro experimentos, nomeados como G1, G2, G3 e G4. Alguns parâmetros utilizados tiveram como base dados de outros Trabalhos de Final de Curso desenvolvidos nesta instituição e, assim, os dados considerados no presente trabalho foram:

- Utilização de duas geometrias de pino para um mesmo ombro da ferramenta;
- Usinagem da face soldada para alinhar perfeitamente a junta de metal base. A usinagem é realizada com a mesma máquina utilizada para o processo FSW, após o metal base estar completamente fixado. Foi removido 0,3 mm da espessura das chapas de alumínio com um fresa de 20 mm de diâmetro;
- Mudanças na posição do metal base em relação a sua posição no lado de avanço e retrocesso da ferramenta. Essa mudança ocorre devido à diferença de calor fornecida para o metal base.

Portanto, os parâmetros utilizados em cada experimento podem ser observados de forma resumida na Tab. 2. Parâmetros como a velocidade de avanço, sentido e rotação da ferramenta e a penetração do ombro não sofreram alteração entre os experimentos.

Tabela 2. Comparativo entre a variação dos experimentos

| Parâmetros | Experimento | | | |
|---|---|---|---|---|
| | G1 | G2 | G3 | G4 |
| **Pino** | 1 | 1 | 2 | 2 |
| **Face usinada** | Não | 0.3 mm | 0.3 mm | 0.3 mm |
| **Espessura do junta soldada** | 6.35 mm | 6.05 mm | 6.05 mm | 6.05 mm |
| **MB lado retrocesso** | AA 5083 | AA 5083 | AA 5083 | AA 5052 |
| **MB lado avanço** | AA 5052 | AA 5052 | AA 5052 | AA 5083 |

A Fig. 2 mostra a aparêcia superficial da chapa soldada em cada experimento, e nela é possível observar a diferença na formação de rebarba em função do pino da ferramenta utilizado.

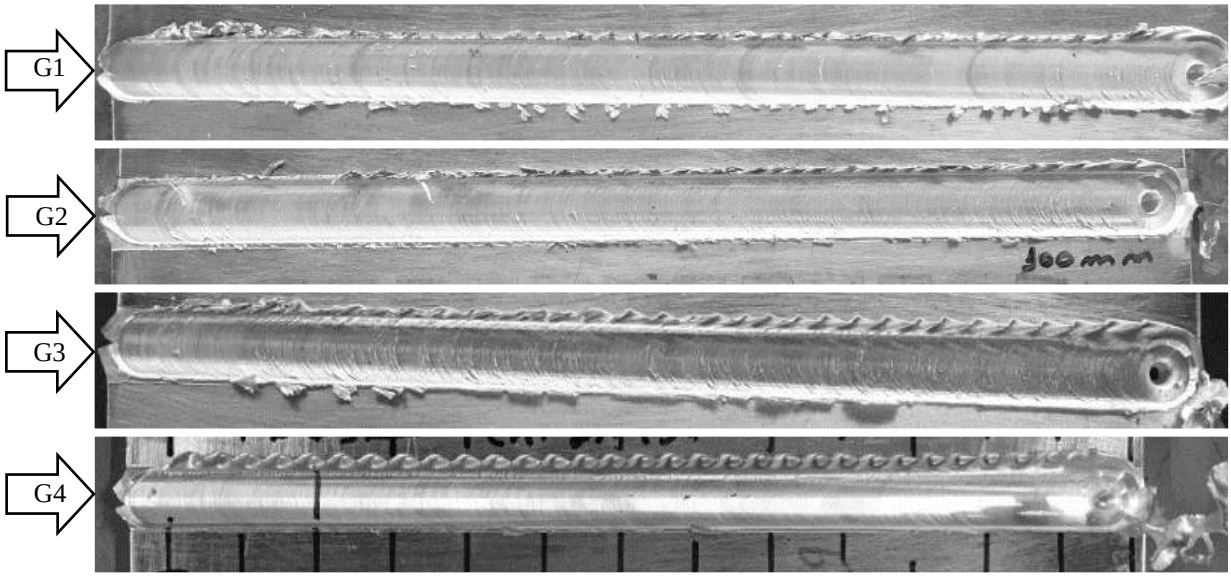



Figura 2. Aparência superficial dos experimentos

O experimento G3 ocasionou formação de rebarba bastante acentuada em comparação aos experimentos anteriores. Ao final do processo, verificou-se que o pino da ferramenta atravessou completamente a chapa soldada, fato que pode explicar uma oscilação da potência e a formação de rebarba acentuada. O experimento G4 foi o que ocorreu maior formação de rebarbas, entretanto, em comparação aos demais experimentos, foi o que obteve o melhor acabamento superficial, resultando em uma superfície praticamente polida nos 80 mm finais de soldagem.

### 3.1 Ensaio de macroestrutura e microestrutura

Para as análises macroestruturais, as amostras foram preparadas de acordo com as práticas básicas de lixamento/polimento e depois atacadas com uma solução chamada de água régia, obtida através da mistura de partes iguais de água destilada, ácido nítrico e ácido clorídrico.

Os experimentos G1 e G2 obtiveram homogeneidade na mistura entre os materiais e não foi encontrado defeitos como, falta de penetração do pino, impurezas, vazios e trincas na região da solda. No experimento G3, apesar de ter homogeneidade na mistura, observou-se inclusões de ferro.

Como relatado por Park *et al*. (2010), o efeito da posição dos materiais nas propriedades das juntas soldadas obtidas pelo processo FSW entre duas ligas de alumínio dissimilares, mostraram que os padrões de mistura do material nas juntas são bastante diferentes, dependendo do posicionamento dos metais de base. Assim, quando a liga de alumínio com menor resistência mecânica estava localizada no lado de avanço e a liga de alumínio com maior resistência mecânica no lado de retrocesso, os materiais foram melhor misturados. Os ensaios de microestrutura revelaram pequenos pontos de uma mistura defeituosa no experimento G4.

Para os ensaios de microestruturas, as amostras foram atacadas com o reagente Keller, obtido com a mistura de 1 ml de ácido fluorídrico, 1,5 ml de ácido clorídrico, 2,5 ml de ácido nítrico e 95 ml de água destilada. Neste ensaio foi possível observar a diferença nos tamanhos dos grãos de cada liga, assim como diferenças entre o metal de base e o centro da solda (zona de mistura). Por fim, notaram-se alguns pontos escuros que podem estar relacionados a precipitados.

### 3.2 Ensaio de tração

Todas as amostras do experimento G1 suportaram tensão abaixo do esperado e o rompimento ocorreu na região da solda. Assim como no ensaio de dobramento, o experimento G2 obteve valores superiores, em comparação ao experimento G1, conseguindo suportar tensões maiores, porém, não satisfatório.

A mudança da troca do pino promoveu uma grande alteração nos resultados dos ensaios de tração, onde as amostras do experimento G3 conseguiram suportar uma tensão média de 188,6 MPa e uma deformação média de 13,4 % antes da ruptura. Todos os corpos de prova formaram a estricção e o rompimento ocorreu na liga AA 5052, fora da zona mecanicamente afetada. Já o experimento G4 suportou uma tensão média de 190,8 MPa, resultado levemente superior ao encontrado no experimento G3, e uma deformação média de 12,2 % antes da ruptura. Apenas o corpo de prova 09 obteve uma deformação baixa, cerca de 9,3%. Isso pode estar relacionado a um vazio encontrado na macrografia. Em todos os corpos de prova formaram-se estricção e a ruptura ocorreu no lado oposto, em comparação com o experimento G3, mas ainda na liga AA 5052 (devido à inversão na posição do metal base). A ruptura também ocorreu fora da zona mecanicamente afetada.

### 3.3 Ensaio de dobramento

As amostras foram submetidas ao ensaio de dobramento de três pontos, que tem como finalidade avaliar a ductilidade das juntas soldadas e se houve penetração total da solda. Foi necessário realizar ensaios de dobramento de face e raiz com objetivo que as amostras atingissem 150º sem rompimento ou formação de trincas superiores a 3 mm.

As amostras dos experimentos G1 e G2 atingiram 150º de dobramento de raiz, sem apresentar nenhuma trinca. Porém no dobramento de face, ambos tiveram as amostras rompidas no início do processo. Contudo, se observou uma melhor no experimento G2 em comparação ao G1, mostrando que a usinagem preliminar da junta é benéfica para este ensaio.

Ambas as amostras dos experimentos G3 e G4 obtiveram 150º de dobra, tanto de face como raiz. Indicando que a geometria da ferramenta é de grande importância para qualificar o processo de soldagem FSW. Na Fig. 3 é possível observar as amostras ao final deste processo.

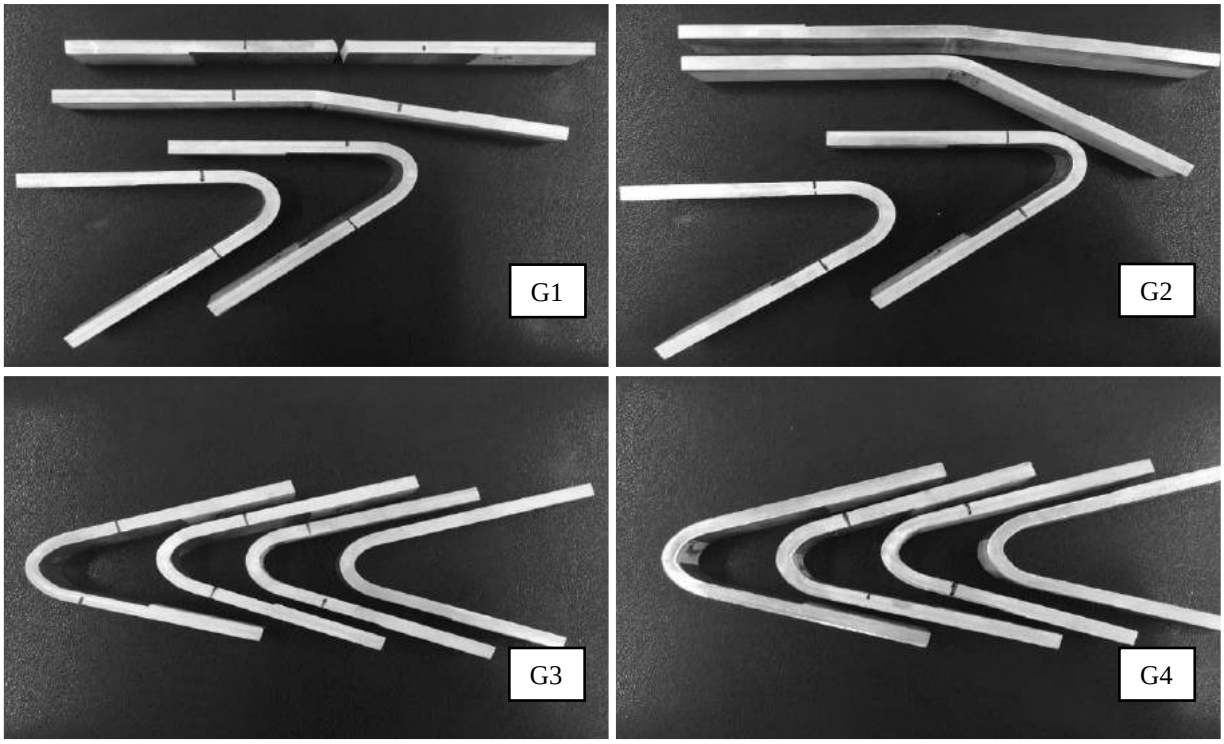



Figura 3. CPs após ensaios de dobramento

### 3.4 Ensaio de dureza

O mapeamento do perfil de dureza na junta soldada, como mostrado na Fig.4, serve para verificar a distribuição da mistura dos matérias com diferentes durezas. Para tanto, foram realizadas medições em sete pontos diferentes cada experimento. Vale ressaltar que o ponto 4 é referente ao centro da solda e os pontos 3 e 5 são os limites da ZTMA para o lado de retrocesso e avanço, respectivamente.

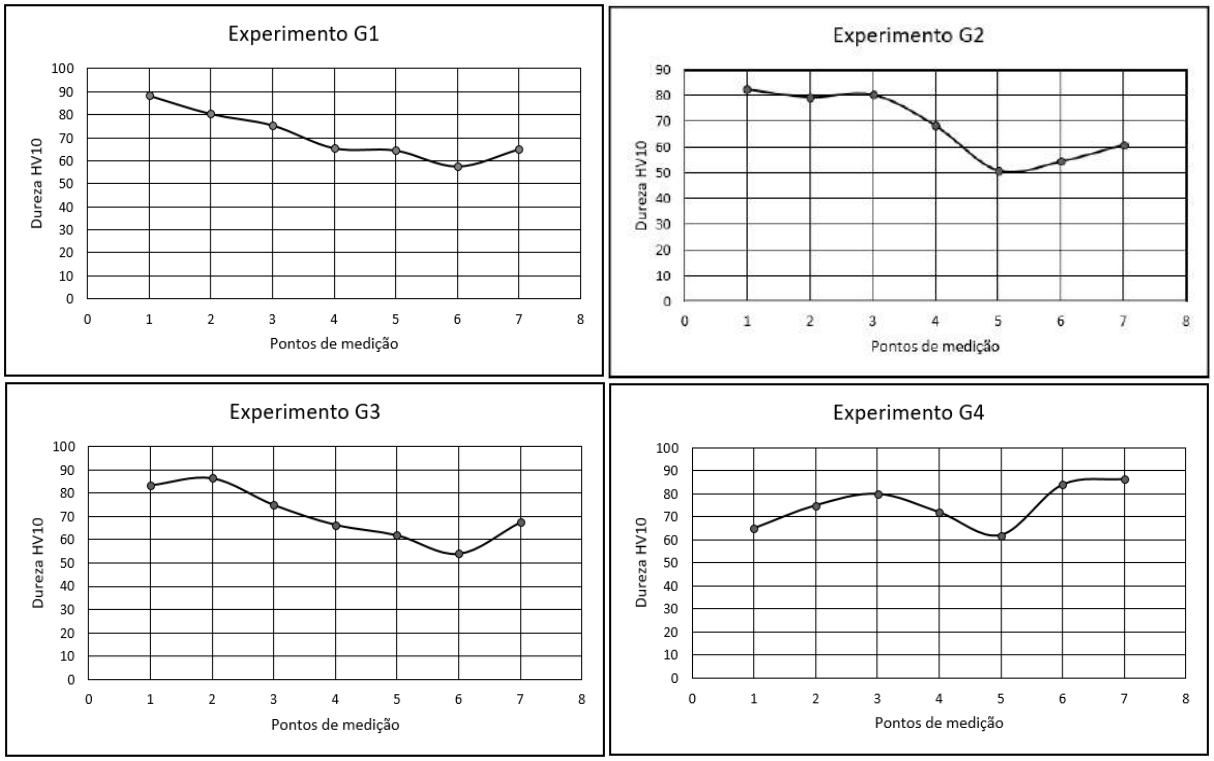



Figura 4. Resultado da medição de dureza

### 3.5 Considerações finais

Para uma análise geral dos resultados obtidos nos ensaios de tração, considerando soldas produzidas com diferentes parâmetros de processo (mencionados anteriormente), a Fig. 5 apresenta um comparativo das médias e o desvio padrão entre os quatro experimentos. Neste contexto, é possível perceber o maior valor da resistência mecânica alcançado pelo experimento G4, com média de 190,81 MPa, seguido do experimento G3 com média de 188,65 MPa. Além disso, também se notou que o experimento G3 apresentou um desvio padrão menor, em comparação ao obtido no experimento G4, indicando uma maior estabilidade do processo para esta solda. Fazendo um comparativo com os resultados de dureza entre os experimentos, como mostrado na Fig. 6, notou-se a semelhança do resultado da dureza na região termomecânicamente afetada, indiferente da posição do MB em relação ao lado de avanço ou retrocesso. É possível notar ainda, que o ponto 3 obteve maior valor em todos os experimentos, dentro da ZTMA, seguido do ponto 4, que corresponde ao centro da solda e por último o ponto 5, localizado no final da ZTMA.

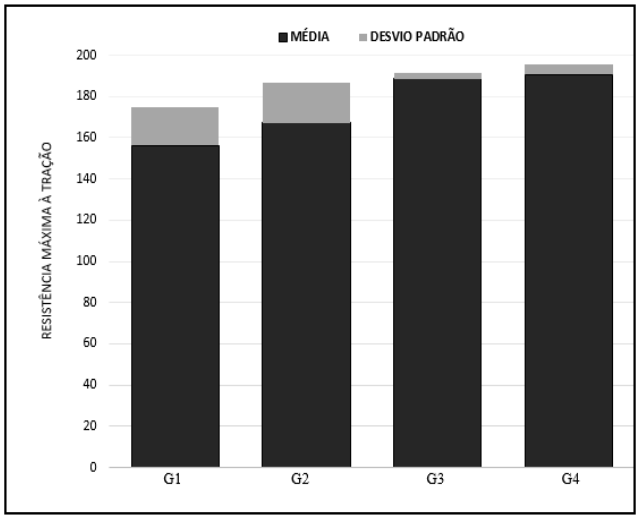



Figura 5. Comparativo entre a média e o desvio padrão no ensaio de tração

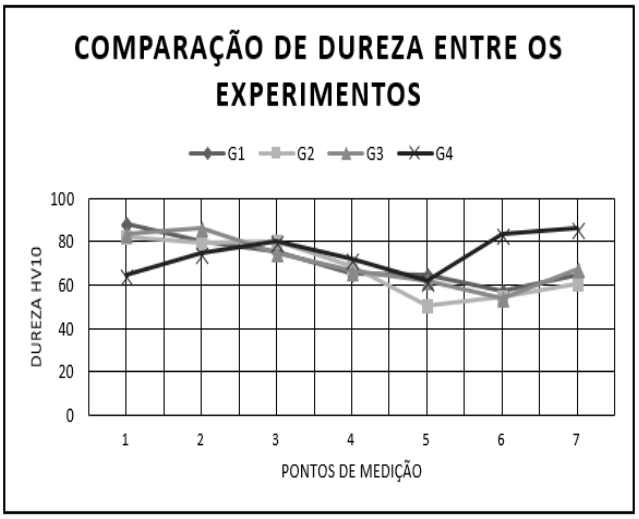



Figura 6. Comparativo entre os resultados do ensaio de dureza

## 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, é possível concluir que:

- A influência da geometria do pino da ferramenta se mostrou significante para a obtenção de resultados satisfatórios para uma junta soldada pelo processo FSW;
- A utilização de um processo de usinagem antes da soldagem ocasionou uma melhora nos resultados, mostrados nos experimentos G1 e G2, devido à eliminação de óxidos e impurezas das superfícies do alumínio e também a um alinhamento da junta soldada. Na prática, a adição de um processo de usinagem leva a um maior tempo de soldagem, sem considerar o maior custo e a dificuldade operacional. No entanto, para casos específicos, esta etapa pode se tornar viável;
- Nos experimentos G1 e G2, todos os corpos de prova submetidos aos ensaios de tração romperam na linha central da junta soldada, exceto o CP06 do experimento G2, com a média da tensão de ruptura de 156,13 e 167,2 MPa respectivamente, abaixo da resistência a tração da liga de alumínio AA 5052, que é de 190 MPa. Ambos os experimentos (G1 e G2) foram reprovados nos ensaios de dobramento na face, por não atingirem um ângulo de dobra de aproximadamente 150º;
- Com relação o experimento G3, na parte inferior da chapa soldada, observou-se marcas deixadas pelo pino da ferramenta, que atravessou as chapas e atingiu o suporte, aspecto que não é adequado para este processo. Este fato pode estar relacionado com a regulagem do comprimento do pino, e consequentemente ter influenciado a oscilação de potência do fuso da máquina;
- O não monitoramento da força axial pode ter influenciado diretamente na grande formação de rebarba, pois se torna um parâmetro sem controle e pode afetar de modo significativo a junta soldada. Uma possível alternativa é realizar a medição da corrente elétrica consumida pelo motor de eixo Z;
- Os experimentos G3 e G4 obtiveram resultados semelhantes no ensaio de tração. Em média, a resistência máxima a tração destes experimentos foi 188,65 e 190,81 MPa, respectivamente. No entanto, no experimento G3 notou um desvio padrão menor (em relação à média). Ainda, com respeito aos ensaios de dureza ambos experimentos obtiveram resultados parecidos (dentro da ZTMA), mostrando que a posição do MB em relação ao lado de avanço ou retrocesso não influencia os resultados de dureza. Por fim, com relação aos ensaios de dobramento, os experimentos G3 e G4 obtiveram resultados satisfatórios, tanto dobramento de face como de raiz;
- Portanto, os resultados alcançados no presente estudo apresentaram boa similaridade com os resultados da literatura.

De modo geral, os resultados obtidos mostram que os parâmetros utilizados na soldagem por FSW dos experimentos G3 e G4, somados com a geometria da ferramenta, foram capazes de produzir juntas de qualidade satisfatória.

## 5. REFERÊNCIAS

ABAL, 2017. “Anuário estatístico ABAL 2016”. 14 Jul. 2018 <http://abal.org.br/publicacao/anuario-estatistico-abal-2016/>.

Khan, N. Z., Siddiquee, A. N. and Khan, Z. A. *Friction stir welding dissimilar aluminum alloys*. Flórida: CRC Press, 2017.

Oliviecki, N. J. and Beskow, A. B. “Análise dos parâmetros do processo de solda por fricção em uma liga de alumínio”**.** *Revista Perspectiva*, vol. 37, p. 15-29, 2013.

Park, S.K., Hong, S.T., Park, J.H., Park, K.Y., Kwon, Y.J and Son, H.J. “The effect of material locations on the properties of friction stir welding joints of dissimilar aluminium alloys”. *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 15, p.331-336, 2010.

Thakur, R. and Bajwa, P. S. “Friction stir welding of 5xxx séries aluminium alloys. A literature survey”. *International Journal of Scientific Research in Science*, vol. 2, p. 1129-1131, 2016.

Valenciani, V. C. *Ligações em estruturas de aço*. 1997. 301 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1997.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ANÁLISE DA PERFURAÇÃO NO PROCESSO DE CORTE A JATO DE ÁGUA ABRASIVO EM LIGA DE ALUMÍNIO AA5083

**Rudimar Cavalini Becker Junior**
**Carlos Edmundo de Abreu e Lima Ipar**
**Thomas Felipe Zibetti**

Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias/RS - UPF
129904@upf.br; ipar@upf.br; 124482@upf.br

***Resumo.*** *O processo de corte a jato de água com abrasivo é cada vez mais uma importante ferramenta utilizada nos mais variados tipos de atividades dentro das indústrias. Dentre suas vantagens, podem-se destacar a complexidades das formas geométricas e materiais que podem ser usinados, isenção de zonas termicamente afetadas e também por ser um processo que não utiliza ou gera resíduos inorgânicos. Devido a ser uma tecnologia relativamente recente, se comparada a outros processos, há uma vasta gama de estudos que podem ser realizados visando o aperfeiçoamento das técnicas e parâmetros utilizados. O presente trabalho visa, de forma experimental, investigar o efeito dos principais parâmetros de processo no tempo e qualidade final em uma liga de alumínio AA5083 durante a fase de perfuração inicial, uma das etapas que possui grande influência sobre o tempo final do corte, influindo assim diretamente no custo e viabilidade do processo. Após realizar os experimentos e analisar os resultados, foi possível concluir, dentre os parâmetros analisados (estratégia de perfuração, vazão mássica de abrasivo, pressão, espessura do material processado e distância standoff), quais podem ser otimizados para diminuir o tempo de perfuração e aumentar a qualidade desta etapa do processo, identificando também as relações entre essas variáveis e os níveis dos parâmetros utilizados.*

***Palavras chave:*** *abrasivo; jato de água; liga de alumínio; perfuração, planejamento de experimentos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos anos e a constante necessidade de evolução nos processos de fabricação, apresentou-se, nas últimas décadas, uma importante ferramenta aliada para se chegar a essa finalidade, o corte a jato de água com abrasivo (*Abrasive waterjet* – AWJ).

Pertencente a um espectro de métodos não convencionais de processos de industriais, pode ser utilizado em uma grande diversidade de materiais, como rochas ornamentais, metais, borrachas, polímeros, compósitos, madeiras, vidros, cerâmicos, entre outros. (DUARTE *et al*., 1998) (LÖSCHNER *et al.*, 2016).

Akkurt (2009) define que o estudo e entendimento do processo AWJ ainda está se expandindo e há muitas áreas do processo para ainda serem descobertas. Figurando entre elas está a etapa de perfuração, devido ao fato que a maioria dos pesquisadores têm focado na análise do corte em si, onde a profundidade máxima de corte e a taxa de avanço máxima para uma certa profundidade são os principais objetivos dos estudos (FREDIN; JÖNSSON, 2011).

A etapa de perfuração possui vital importância sobre o processo AWJ, pois esse é frequentemente o primeiro passo para o corte (RAMULU *et al.*, 2005) (SCHWARTZENTRUBER; PAPINI, 2015). O presente trabalho apresenta um estudo experimental sobre esta etapa do processo AWJ, com o intuito de ampliar compreensão sobre os efeitos dos diferentes parâmetros de perfuração sobre o tempo e qualidade do processo AWJ.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A seguinte seção apresenta os materiais e métodos utilizados durante a execução deste trabalho, através de uma breve introdução ao processo AWJ, ao material utilizado para análise e os métodos usados para realização dos experimentos, coleta e análise dos resultados é apresentada.

O planejamento experimental foi realizado com base na metodologia de Projeto de Experimentos de Montgomery (2012), o que reduziu a possibilidade de interferências externas e permitiu identificar qual das variáveis de entrada exercem maior influência sobre as variáveis de saída consideradas.

Para a realização do experimento, os corpos de prova foram perfurados pelo jato de água abrasivo. Todos os experimentos foram filmados, o que permitiu medir o tempo decorrido para a perfuração em cada amostra. Após, os corpos de prova foram digitalizados tridimensionalmente a partir de um equipamento de microtomografia computadorizada de raios-X. A partir dos modelos 3D reconstruídos, foi possível efetuar análises da geometria e diâmetros dos furos, de acordo com as recomendações da norma ISO 9013, caracterizando a qualidade do processo.

### 2.1 Processo Jato de água abrasivo

Cortes a jato de água abrasivo possuem várias vantagens em relação a outros processos de usinagem e remoção de material, como a não ocorrência de distorções e zonas afetadas pelo calor, alta versatilidade de formas de corte, não geração de resíduos nocivos ao meio ambiente e baixas forças de corte (WANG; GUO, 2002).

No processo, segundo Susuzlu (2008), a água é pressurizada por uma bomba e levada até o bico do jato em linhas de alto pressão. Equipamentos industriais padrões provem água a pressões acima de 400 MPa, dependendo da aplicação desejada. O jato de água abrasivo é formado por pela passagem da água pressurizada por um orifício de diâmetro de aproximadamente 0,08 mm. As partículas de abrasivo têm cerca de 0,36 mm (grãos *mesh* 80) e entram no sistema pela câmara de mistura. Após, as partículas de abrasivo são aceleradas e direcionadas pelo tubo focal, que tem em média 0,8 mm de diâmetro. A velocidade das partículas do abrasivo, segundo Dong *et al.* (2004), podem ser maiores que 500 m/s à pressão de 280 MPa na saída do tubo focal. O processo de corte então se dá como resultado do choque dessas partículas contra o material de trabalho (MOMBER; KOVACEVIC, 1998). A Fig 1 apresenta inúmeras formas geométricas, nos mais diversos tamanhos e matérias obtidos através do processo de usinagem a jato de água abrasivo.

Figura 1. Formas obtidas através do processo AWJ.
Fonte: S. Alsoufi (2017).

### 3.1 Liga de alumínio AA5083

Segundo Callister e Rethwisch (2016), em adição a estrutura e a propriedade do material, há outro componente importante envolvido na ciência e engenharia de um material, que é a forma pela qual o mesmo é processado. No presente trabalho optou-se pela utilização da liga de alumínio AA5083, devido a sua vasta utilização nas mais diversas formas e meios atualmente.

O alumínio é o terceiro elemento mais abundante do planeta, próximo do oxigênio e do silício (HIRSCH, 2003). Pode ser formado facilmente, tem alta condutibilidade térmica e elétrica e não apresenta transição dúctil-frágil a baixas temperaturas. É não tóxico, não apresenta comportamento magnético, e tem boa resistência a corrosão e oxidação. (ASKELAND, 2009).

A liga de alumínio AA5083, utilizada neste experimento, dispõe de uma excelente usinagem e estabilidade, com uma dureza entre 75 e 95 HB. Contém de 3 a 5 % de adição de cromo e manganês, o que garante uma boa soldabilidade e uma interessante resistência à corrosão. São amplamente utilizados no segmento naval e na indústria em geral (COPPERMETAL, 2009).

### 3.2 Equipamentos

Nessa seção, é apresentado uma breve descrição dos equipamentos utilizados para a realização dos experimentos e a coleta e análise de dados.

O equipamento de corte a jato de água com abrasivo utilizado é fabricado pela empresa chinesa *Shanghai Golden Arrow Automatic Equipment & Technology Development*, modelo JJ-II42-1010. Possui pressão máxima de trabalho de 420 MPa, potência de 40 HP e bancada de trabalho de 1000 x 1000 mm. Está instalado no Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias do RS, na cidade de Soledade/RS.

O equipamento permite que a etapa de perfuração seja executada de maneira dinâmica ou fixa. O mesmo também permite que seja escolhido um tipo e tempo de *delay* entre a saída de água e de abrasivo, o que significa que pode ser escolhido qual deseja-se que saia antes ou depois e a relação de tempo entre ambos.

O microtomógrafo utilizado para análise dos corpos de prova é um Shimadzu inspeXio SMX-90CT. O mesmo é um equipamento de bancada desenvolvido para visualizar e inspecionar de maneira não destrutiva o interior de pequenos objetos. Utilizando um tubo de microfoco de raios-X selado, oferece uma ótima qualidade de resolução, tornando possível uma visão ultra detalhada dos objetos inspecionados. (SHIMADZU®, 2014).

Uma câmera digital convencional foi usada para filmar o experimento, com cadência (taxa de captação de imagens) de 240 *qps* (quadros por segundo), o que gera uma resolução de 0,0042 segundos na medição da perfuração.

### 3.3 Parâmetros de processo (variáveis de entrada)

Os parâmetros que exercem maior influência sobre o processo e foram utilizados como fatores no planejamento do experimento foram escolhidos com base na literatura técnica acerca do assunto, assim como os valores para os seus respectivos níveis. Os parâmetros escolhidos foram a distância *standoff* (dS), a vazão mássica de abrasivo ($\dot{m}A$), a espessura do material (t), a pressão do jato (P) e a estratégia de perfuração (est). Os fatores escolhidos e seus respectivos níveis estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de processo utilizados como fatores e seus respectivos níveis.

| Fator | Nível baixo (-1) | Nível alto (+1) | Unidade |
|---|---|---|---|
| Distância *standoff* (dS) | 2 | 5 | mm |
| Pressão (P) | 240 | 300 | MPa |
| Vazão mássica de abrasivo ($\dot{m}$A) | 4 | 7 | mm¹ |
| Espessura (t) | | | |
| -Liga de alumínio 5083 | 6,3 | 12,7 | mm |
| Estratégia (est) | fixa | dinâmica | - |

(1) medida da abertura da válvula de controle. Em uma curva de vazão para o abrasivo definida experimentalmente, o 4 representa cerca de 30 g/min e o 7 cerca de 135 g/min.

Outros parâmetros foram mantidos constantes durante os experimentos, como o diâmetro do orifício, comprimento e diâmetro do tubo focal, sendo, respectivamente 0,3, 60 e 0,8 mm. De acordo com a literatura técnica consultada, estes fatores não exercem influências consideráveis sobre as variáveis de saída analisadas no presente trabalho. Além disso, são peças fixas do equipamento e tem um alto custo de substituição, o que tornaria inviável variá-las no experimento.

O abrasivo utilizado foi a granada (*garnet*), que é um mineral naturalmente inerte, angular, cristal de doze lados (dodecaedro rômbico) afiada, com uma dureza entre 7,5 e 8,5 na escala Mohs (OMAX WATERJETS®, 2018).

### 3.4 Planejamento de Experimentos

Montgomery (2012) define o projeto de experimentos (DOE) como uma importante ferramenta no mundo da ciência e da engenharia, resultando em melhorias nos rendimentos de processos, redução de variâncias e aproximação de valores nominais ótimos, redução do tempo de desenvolvimento e redução dos custos em geral. Utilizando-se desse método pode-se determinar quais as variáveis de entrada (*inputs*) possuem maior responsabilidade sobre as variáveis de respostas obtidas na saída (*outputs*) (MORSHEDI; AKBARIAN, 2014).

Em virtude do grande número de fatores (5) e da natureza exploratória do experimento, foi selecionada uma fração de 1/4 de um experimento fatorial $2^{(5-2)}$. Após fracionar o experimento foram obtidas 8 combinações de parâmetros. O projeto foi realizado com o auxílio de *software* estatístico. A combinação de fatores foi totalmente aleatorizada.

### 3.4 Formas de medição

Após a realização dos experimentos de perfuração, partiu-se para a coleta dos valores obtidos nos ensaios para posterior análise estatística dos mesmos.

Para a medição do tempo total de perfuração os ensaios foram filmados e a medição do tempo foi realizada com o auxílio de um *software* de edição de vídeos, o qual permite uma análise de vídeo quadro por quadro, obtendo assim o tempo exato quando o jato toca na peça e começa a perfurar, como apresentado na Figura 2A. Pode-se observar que o mesmo é refletido de volta contra o cabeçote e absorvido por uma proteção de borracha, Fig 2B, o que significa que a peça ainda não foi perfurada. E na Fig 2C, observa-se o que o jato para de refletir contra a proteção de borracha e pode-se visualizar o mesmo saindo na parte inferior da peça, significando que o material foi perfurado.

Outro fenômeno que auxilia na medição do tempo é o ruído característico observado durante os momentos de perfuração, apresentado na parte inferior da Figura 2. Percebe-se que no momento em que o jato começa a perfurar, há

um aumento brusco nos níveis de ruídos, que seguem constantes enquanto o furo é executado, têm uma queda no momento que o jato atravessa a peça e aumentam novamente no momento que o jato colide com a água do tanque de amortecimento.

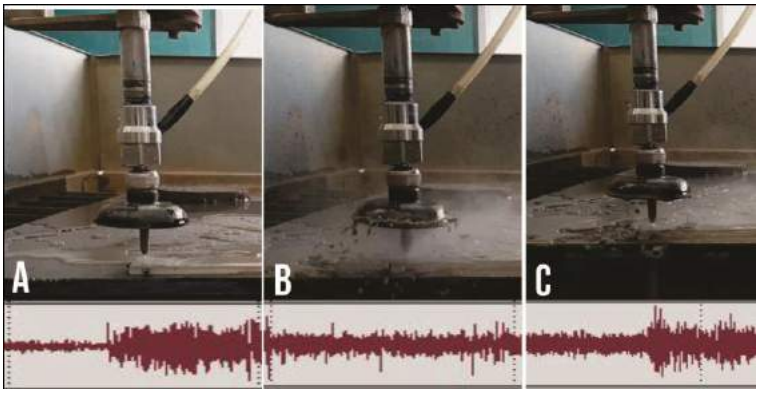



Figura 2. Formas obtidas através do processo AWJ.
Fonte: Autores (2018).

Para a medição dos diâmetros de entrada e saída, os corpos de prova foram submetidos a ondas de raios-X no microtomógrafo, para ter sua estrutura reconstruída tridimensionalmente. Com os modelos das estruturas dos corpos de prova e auxílio de um *software* para montagem e tratamentos em imagens, definiu-se a face de saída e entrada do furo utilizando-se as tolerâncias fornecidas pela norma ISO 9013, para assim selecionar-se o local exato para medição.

Após coletada a representação 2D de cada entrada e saída de furo, os diâmetros foram medidos com o auxílio de um *software CAD.* Foi obtida uma média de 4 medições por furo, conforme apresentado na Figura 3Figura .

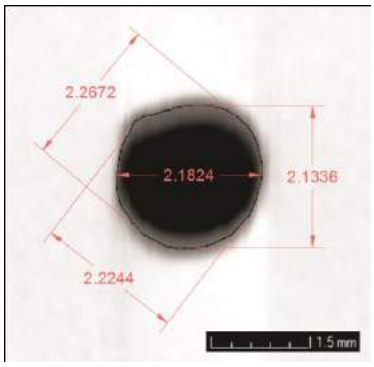



Figura 3 – Método utilizado para medição dos diâmetros.
Fonte: Autores, 2018.

Após o planejamento, execução do projeto de experimento fatorial fracionado e a coleta dos resultados, realizou-se uma análise estatística dos dados coletados, onde buscou-se definir os efeitos de cada parâmetro do processo (fatores), em relação as variáveis de saída escolhidas (tempo, diâmetro de entrada e diâmetro de saída).

## 4. RESULTADOS

Uma regressão fatorial foi realizada para cada situação, sendo criados gráficos para uma melhor leitura e análise dos dados. As seções a seguir apresentam um resumo das análises realizadas.

### 4.1 Tempo de perfuração

Em relação ao tempo de perfuração, a estratégia se sobressaiu à espessura do material e foi o fator com maior efeito no tempo de perfuração (maior grau de inclinação no gráfico). Um dos possíveis fatores para esse resultado são as relativas baixas espessuras dos corpos de prova analisados, uma vez que menores espessuras são mais rápidas para perfurar. Outro fator considerado consiste no fato de que o alumínio tem propriedades de dureza relativamente menores que outras ligas metálicas e minerais usinados pelo processo AWJ, ou seja, a taxa de remoção de material vai ser maior no alumínio, tornando assim a espessura um fator não tão importante quanto a estratégia, que influencia diretamente na remoção de material. A vazão mássica de abrasivo foi o terceiro fator mais influente, seguido pela distância *standoff* e

finalmente a pressão, que quase não teve influência alguma (linha com ângulo quase zero), como pode ser observado no gráfico da Fig 4.

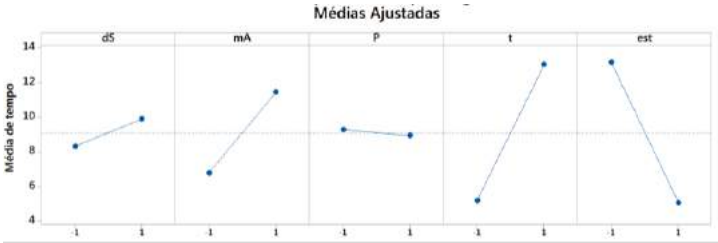



Figura 4. Gráfico de efeitos principais – Tempo (liga de alumínio 5083).
Fonte: Autores, 2018.

### 4.2 Diâmetro de entrada

Os procedimentos para análise estatística dos diâmetros de entrada e saída foram os mesmos utilizados para o tempo de perfuração. O diâmetro de entrada foi influenciado principalmente pela estratégia utilizada na perfuração, como apresentado na Fig**Erro! Fonte de referência não encontrada.** 5, seguido pela distância *standoff*. Esta distância interfere diretamente no diâmetro devido ao raio do jato abrasivo aumentar como crescimento do afastamento do tubo focal à peça e vice versa. Outro fator a se considerar em relação ao diâmetro de entrada é a vazão mássica de abrasivo, pois quanto mais alto o valor, maior também será o diâmetro.

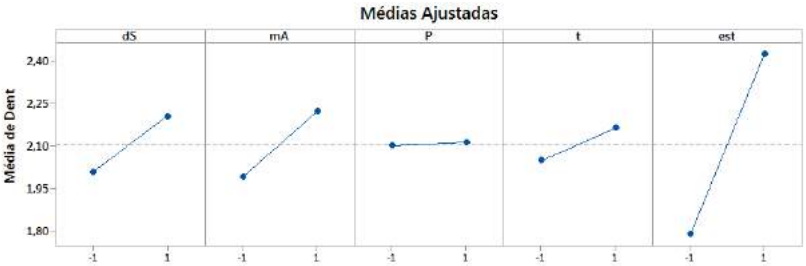



Figura 5. Gráfico de efeitos principais – Diâmetro de entrada (liga de alumínio AA5083).
Fonte: Autores, 2018.

### 4.2 Diâmetro de saída

Assim como todos as outras variáveis de resposta, a estratégia de perfuração exerceu a maior influência sobre o diâmetro de saída, seguido pela pressão e espessura da amostra. A Fig 6 apresenta o gráfico de efeito para o diâmetro de saída do alumínio

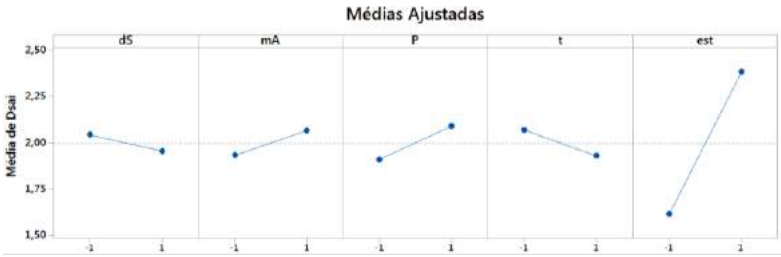



Figura 6. Gráfico de efeitos principais – Diâmetro de saída (liga de alumínio 5083).
Fonte: Autores, 2018.

## 5. CONCLUSÕES

Os dados e análises realizadas indicam que a estratégia de perfuração é o fator que possui maior influência sobre o tempo de perfuração e sobre o diâmetro dos furos usinados na liga de alumínio AA5083 utilizando o processo AWJ. A estratégia de perfuração dinâmica tende a produzir perfurações mais rápidas, ainda que produza maiores diâmetros. A vazão mássica de abrasivo também se mostrou um importante fator para a etapa de perfuração, sendo que quanto maior for o seu nível, maior será o diâmetro do furo. No entanto, esperava-se que uma maior vazão mássica de abrasivo produzisse perfurações mais rápidas, uma vez que existe um maior número de arestas cortantes, o que não ocorreu,

sendo que os experimentos indicaram que o aumento da vazão mássica de abrasivo tende a aumentar o tempo de perfuração.

Através da utilização da metodologia de planejamento de experimentos, foram obtidos os valores mais influentes com relação a qualidade e tempo de perfuração no processo AWJ. Os resultados obtidos podem ser considerados de grande valor no que diz respeito ao processo. Dado o fato que existem poucos trabalhos na literatura relacionados à etapa de perfuração em AWJ, este estudo mostra-se de grande importância para a melhor compreensão do processo. Mesmo sendo obtidos a partir de um experimento fatorial fracionado, os resultados podem servir como um guia para futuros estudos e aperfeiçoamentos no processo como um todo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKURT, Adnan. The effect of material type and plate thickness on drilling time of abrasive water jet drilling process. Materials and Design, v. 30, n. 3, p. 810–815, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2008.05.049>.

ASKELAND, Donald R.; FULAY, Pradeep P. Essentials of Materials Science and Engineering. 2. ed. Toronto: Cengage Learning, 2009. 604 p..

CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G. Ciência e Engenharia de Materiais.: Uma Introdução. 9. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 912 p..

COPPERMETAL. Alumínio Naval 5083. 2018. Disponível em: <http://www.coppermetal.com.br/produtos_aluminio_5083.html>. Acesso em: 10 jul. 2018.

DONG, Y., Taylor, L. J.; SUMMERS, D. A.; JOHNSON, M.. Experimental study of particle velocity measurement in abrasive water jet cutting in the nozzle and jet stream using multiple sensing elements, Proc.17th Int. Symp. on Water Jetting Technology, Mainz, Germany (2004) 137-147.

DUARTE, J. P., PEGASE, P., NUNES, E., and H., G. O jacto de água abrasivo: uma ferramenta complementar, Revista de Metalurgia, vol. 34(2), p. 217–219, 1998.

FREDIN, Johan; JÖNSSON, Anders. Experimentation on Piercing with Abrasive Waterjet. World Academy of Science, Engineering and Technology, v. 5, n. 11, p. 1663–1669, 2011.

HIRSCH, Jurgen. Princípios básicos e metalurgia do alumínio. in: Simpósio International da VDI sobre technologia do alumínio (da matéria prima à reciclagem), 2003, Bonn-germany. Sao Paolo: Vdi, 2003. p. 199 - 226.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 9013: Thermal cutting - Classification of thermal cuts - Geometrical product specification and quality tolerances. London: ISO, 2017. 34 p.

LÖSCHNER, Piotr; JAROSZ, Krzysztof; NIESŁONY, Piotr. Investigation of the effect of cutting speed on surface quality in abrasive water jet cutting of 316L stainless steel. Procedia Engineering, v. 149, n. June, p. 276–282, 2016.

MOMBER, Andreas W.; KOVACEVIC, Radovan. Principles of Abrasive Water Jet Machining. London: Springer, 1998. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-1572-4>.

MONTGOMERY, Douglas C. Design and Analysis of Experiments. 8. ed. New Jersey: Wiley, 2012. 752 p..

MORSHEDI, Afsaneh; AKBARIAN, Mina. Application of Response Surface Methodology: Design of Experiments and Optimization: a Mini Review. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, v. 4, n. 2002, p. 2231–6345, 2014. Disponível em: <http://www.cibtech.org/sp.ed/jls/2014/04/JLS-280-S4-282-AKBARIAN-APPLICATION-REVIEW.pdf>.

OMAX CORPORATION. Abrasivos para processo de corte a jato de água. 2018. Disponível em: <https://www.omaxbrasil.com.br/abrasivos-para-processo-de-corte-jato-de-agua/>. Acesso em 16 mai. 2018.

RAMULU, M; POSINASETTI, P; HASHISH, M.. Analysis of the Abrasive Waterjet Drilling Process. In: WJTA American Waterjet Conference, 1., 2005, Seattle, WA. Conference. Houston, TX: Waterjet Technology Association, 2005. p. 1 - 16.

SCHWARTZENTRUBER, J.; PAPINI, M. Abrasive waterjet micro-piercing of borosilicate glass. Journal of Materials Processing Technology, v. 219, p. 143–154, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.12.006>.

S. ALSOUFI, Mohammad. State-of-the-Art in Abrasive Water Jet Cutting Technology and the Promise for Micro- and Nano-Machining. International Journal of Mechanical Engineering and Applications, v. 5, n. 1, p. 1, 2017.

SHIMADZU DO BRASIL COMERCIO LTDA. Manual de instruções e operações básicas. InspeXio - SMX-90CT. 2014.

SUSUZLU, T. Development and evaluation of ultra high pressure waterjet cutting. 2008. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mechanical, Maritime And Materials Engineering, Pma, Delft University Of Technology, Delft, 2008.

WANG, J.; GUO, D. M. A predictive depth of penetration model for abrasive waterjet cutting of polymer matrix composites. Journal of Materials Processing Technology, [s. l.], v. 121, n. 2–3, p. 390–394, 2002.

## 7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo que está escrito neste artigo.

CONIGTI
4rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS NA SOLDAGEM POR FRICÇÃO ROTATIVA DO AA- 6351-T6

**Saulo André Tamanho, saulotamanho@hotmail.com**
**Arthur Bortolin Beskow, arthur@uricer.edu.br**
Departamento de Engenharia e Ciência da Computação – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus de Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, Cep 99700-000, Erechim, RS, Brasil.

***Resumo.*** *Dentre os processos de soldagem, a Soldagem por Fricção Rotativa (SFR) apresenta vários fatores atrativos, como não necessitar de material de adição ou gases de proteção. O objetivo deste trabalho foi estudar o processo SFR e suas variáveis para se efetuar a junção de barras de alumínio da liga AA - 6351- T6 com 19 mm de diâmetro, obtendo-se parâmetros de velocidade de rotação e força. Também foram realizados testes a fim de qualificar as soldas executadas, correlacionando os parâmetros utilizados com os resultados. Em um primeiro momento foram realizados testes para determinar a viabilidade e limitações dos equipamentos disponíveis no laboratório, já que os mesmos foram adaptados. Na sequência, foram realizados testes com condições de processo específicas, seguidos por ensaios de tração e dureza e análise macrográfica. Determinou-se que o processo de soldagem da liga de alumínio AA 6351 - T6 é possível, porém a resistência mecânica da junta foi inferior à do material base, devido à vibração excessiva durante o processo, à força axial insuficiente e ao aquecimento gerado durante o processo mudar as propriedades metalúrgicas do tratamento T6. Visto isto, este mesmo material foi submetido ao processo de recozimento para eliminar totalmente o tratamento T6 e em seguida soldado. Nestes testes a SFR se mostrou eficaz, pois todos os corpos de prova testados romperam fora da região da solda e as suas respectivas tensões de escoamento ficaram acima das tensões de escoamento do material base.*

*Palavras-chave: Soldagem por fricção rotativa, SFR, Alumínio, recozimento*

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para o setor metal mecânico torna necessária a busca de processos alternativos para união de materiais de bases iguais ou dissimilares. Dentre os diversos processos existentes utilizados para obtenção de junções estruturais envolvendo tecnologia de ponta, destaca-se a Soldagem por Fricção Rotativa (SFR). Apesar de pouco difundido se comparado aos processos convencionais, o mesmo se mostra como uma opção atraente por ser eficiente, flexível e robusto, além de permitir a união de materiais diferentes.

Também conhecido como "Friction Welding" (FRW), é um processo de soldagem no estado sólido, que fornece alta produtividade, excelente repetitividade, baixo custo e encontra a sua maior aplicação na junção de materiais dissimilares usados nos setores aeroespacial, nuclear, naval e automotivo (ALVES, 2016).

Para Marques (2008) a SFR é um processo de união no estado sólido, no qual o calor necessário para a fusão dos materiais é fornecido pelo atrito entre as superfícies a serem unidas. No processo, uma das peças permanece estacionária e a outra gira. Em seguida, elas são aproximadas até que haja contato entre as superfícies. Após o contato inicial, calor é gerado pelo atrito devido à força aplicada no sentido axial, aquecendo as superfícies. A força axial e o calor gerado provocam a deformação plástica das peças, à medida que o processo continua. Ao final, aplica-se uma força final, gerando uma rebarba e a consolidação da união.

Devido à crescente utilização de junções por fricção para aplicações em componentes destinados a setores estratégicos em nosso país, faz-se com que cada vez mais se estude e busque o conhecimento do processo e das suas variáveis no sentido de se dominar esta técnica de união.

Este trabalho tem como objetivo geral realizar a junção de barras de Alumínio AA 6351 - T6 de diâmetro ¾ polegadas através do processo de solda chamado de solda por fricção rotativa utilizando como equipamento de solda um torno convencional, avaliando as características mecânicas e análise de alguns parâmetros como velocidade, pressão e tempo de atrito.

A SFR é processo simples de soldagem, apresenta várias vantagens que se tornam atrativas para a indústria metal mecânica, porém e estudo e a viabilidade de implantação deste processo devem ser avaliados.

## 2. MATERIAS E MÉTODOS

O alumínio é um dos materiais metálicos mais versáteis, econômicos e atrativos para uma vasta série de aplicações. Segundo AllumiCopper (2017), as características da liga AA 6351 T6 são: Alta resistência mecânica, alta resistência à corrosão, boa conformabilidade e boa usinabilidade. As propriedades mecânicas da liga são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas da liga AA 6351 T6

| Liga | DIN | Têmpera | Limite de Resistência à Tração Mpa (N/mm²) | | Limite de Escoamento Mpa (N/mm²) Mín. | Alongamento Mínimo "50mm" (%) | Dureza Brinell (HB) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | MÍN. | MÁX. | | | |
| 6351 | Al Mg Si1,0 | T6 | 290 | - | 255 | 8 | 95 |

### 2.1 Equipamento de solda

O processo de soldagem por fricção foi executado com um torno convencional, da marca Nardini, modelo Mascote MS 205, de potência 6,3/4 CV (4,7/3 kw), com faixa de rotação de 31,5 a 2500 rpm. A aplicação das pressões de fricção e forjamento foi executada pelo cabeçote móvel do torno, utilizando um atuador hidráulico com capacidade de 15 toneladas e um manômetro para medir a pressão aplicada. Para aferir o equipamento foi necessário utilizar um equipamento que possui célula de carga. O ensaio foi executado na máquina de tração EMIC DL- 100KN e foi obtido que cada 2 kgf/cm2 medido no manômetro corresponde a uma força de 50 kgf. Foi necessário a criação de um suporte para fixação do atuador hidráulico ao barramento do torno, como podemos observar na Figura 1.

**Figura 1 -** Torno Convencional adaptado para o processo.

### 2.2 Confecção dos corpos de prova

Foram utilizados corpos de prova de formato cilíndrico, com diâmetro de 19,05 mm (3/4) polegada e comprimento de 60 mm, sendo que foi necessário adicionar uma seção de diâmetro reduzido no corpo de prova estacionário para permitir a fixação no mandril na Etapa A. Após a adaptação do mandril, para as demais etapas utilizou-se corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 3/4 de polegadas e 100 mm de comprimento. A Figura 2 apresenta as dimensões dos corpos de prova.

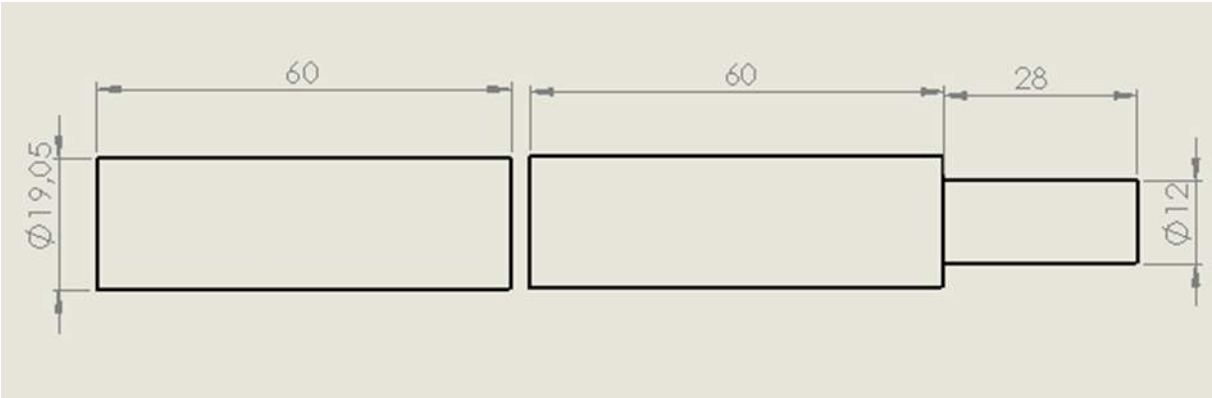



**Figura 2 -** Dimensão do corpo de prova para os testes.

### 2.3 Ensaio de tração, microdureza e macroestrutura

Após a soldagem, os corpos de prova foram usinados de acordo com a norma ASTM E8M, e submetidos a ensaios de tração em uma máquina da marca Shimadzu, com uma célula de carga de 300 kN, temperatura ambiente de 25 ºC e com uma velocidade de 10 mm/min.

Para a avaliação da dureza foi utilizado o método Vickers com carga de 10 kgf, aplicada em diversos pontos espaçados igualmente na seção longitudinal dos corpos de prova. O teste foi realizado na interface de solda, no metal base e na ZTA, possibilitando a obtensão de um perfil de microdureza ao longo desta seção transversal.

A análise macrográfica consistiu na verificação a olho nu ou com uma ampliação de no máximo 10 vezes, para a observação de detalhes macrográficos da estrutura do material e os efeitos do processo na mesma. Para realizar a análise, a superfície é lixada e polida, sendo realizado um ataque químico para ressaltar as características do material.

O corte longitudinal foi escolhido para a análise, pois este permite verificar detalhes da zona de solda, como a linha de união, a zona afetada termicamente e a presença de descontinuidades.

### 2.4 Etapas dos testes

Os testes foram divididos em várias etapas, denominadas Etapa A, Etapa B, Etapa C, Etapa D. Nos testes buscou-se avaliar a efetividade do processo variando parâmetros como velocidade e tempo de aquecimento. As pressões foram as mesmas devido as limitações mecânicas do equipamento de soldagem. A figura 3 detalha como serão as etapas;

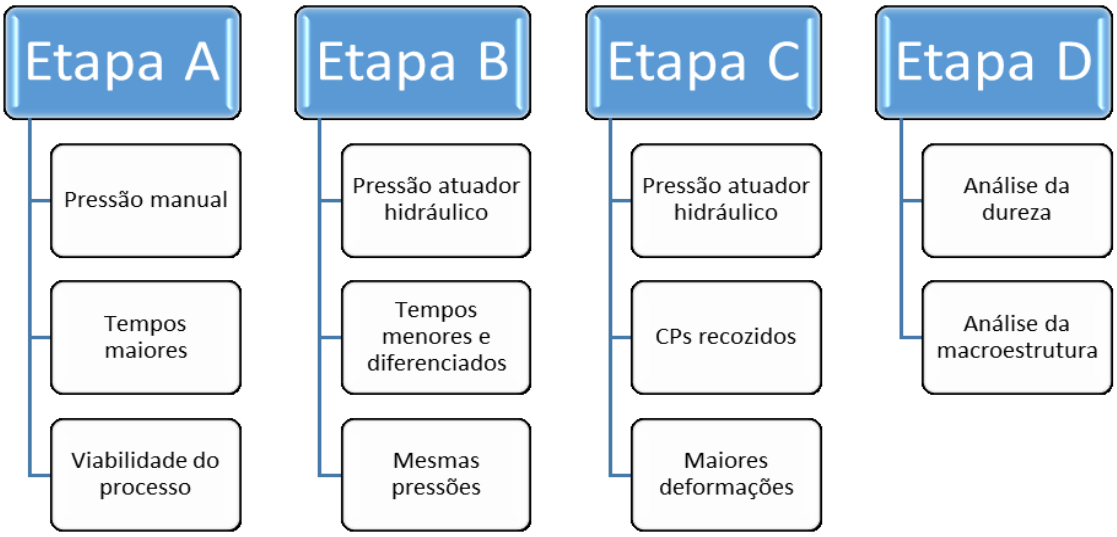



**Figura 3 -** Etapas dos testes.

## 3. RESULTADOS E DISCUÇÕES

### 3.1 Etapa A

Nesta etapa buscou-se efetuar o processo de soldagem entre as peças sem levar em consideração os parâmetros do processo, a fim de determinar a viabilidade da soldagem e identificando possíveis limitações do processo com o equipamento disponível. A figura 4 mostra corpos de prova soldados nesta etapa.

| Corpo de Prova | Velocidade (rpm) | Tempo (s) | Deslocamento (mm) |
|---|---|---|---|
| CP1 | 1600 | 66 | 6 |
| CP2 | 1250 | 66 | 6 |
| CP3 | 2500 | 56 | 5 |
| CP4 | 1600 | 90 | 8 |

**Figura 4 –** Corpos de prova soldados pelo processo SFR e parâmetros utilizados.

Em nível macroestrutural observa-se na soldagem por fricção rotativa convencional que ocorre a formação de uma rebarba com simetria circular, com diferentes formatos, e também reduções significativas no comprimento dos pinos.

Como pode ser observado todas as amostras desenvolveram desprendimento de material na face rotacionada, possivelmente devido ao resfriamento, ao cisalhamento e à força centrípeta ocasionada pelas altas velocidades.

Os resultados mostraram ser possível executar a soldagem. Nesta etapa buscou-se ainda avaliar a efetividade do processo sob diferentes parâmetros de operação.

A junção que apresentou melhor resistência mecânica ou máxima tensão refere-se ao CP3, com rotação de 2500 rpm e um menor tempo de aquecimento que foi de 56 s, porém com resistência mecânica inferior à resistência mecânica do material base, a liga AA 6351 - T6.

O corpo de prova que apresentou a maior deformação foi o CP4, isso se deve ao maior tempo de aquecimento (t1) na etapa de atrito, porém com velocidades menores.

### 3.2 Etapa B

Nesta etapa foi utilizado o atuador hidráulico, instrumentado com manômetro que permitiu medir a pressão aplicada no processo. Devido às limitações mecânicas do torno optou-se por fazer o uso de uma única pressão, fazendo variações nos tempos de atrito e aquecimento da peça. Também foi soldado um corpo de prova deste mesmo material que passou pelo processo de recozimento a 415˚C durante 3 horas com resfriamento gradativo no forno.

**Tabela 2 -** Parâmetros utilizados na etapa B**.**

| Corpo de Prova | Pressão $P_1$ MPa | Pressão $P_2$ MPa | Velocidade (rpm) | $t_1$ (s) | $t_2$ (s) | Deslocamento (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CP5 | 35 | 58 | 2500 | 30 | 5 | 10 |
| CP6 | 35 | 58 | 2500 | 15 | 5 | 9,5 |
| CP7(recozido) | 35 | 58 | 2500 | 15 | 5 | 17 |

Os resultados mostraram uma melhora significativa quando comparados aos testes executados na Etapa A. O corpo de prova CP5 atingiu a tensão máxima de 182,39 N/mm2 um aumento de 20 N/mm2 com relação ao melhor resultado até então (CP3).

Desta forma, a junção que apresentou melhor resistência mecânica ou máxima tensão refere-se ao CP5, com rotação de 2500 rpm e um tempo de aquecimento t1 que foi de 30 s, porém com resistência mecânica inferior à resistência mecânica do material base.

O CP7 teve uma maior deformação e uma queda significativa nas tensões, isso se deve ao processo de recozimento que o mesmo foi submetido. Mas a tensão de escoamento de 59,9 N/mm2 e a máxima tensão de 95,4 N/mm2 são semelhantes à do metal base recozido que possui 55,3 N/mm2 e 107,4 N/mm2 respectivamente.

### 3.3 Etapa C

Na Etapa C todos os corpos de prova foram submetidos ao processo de recozimento, para recristalização e homogeneização. Após o recozimento os mesmos apresentaram uma maior ductilidade, em consequência uma resistência mecânica mais baixa.

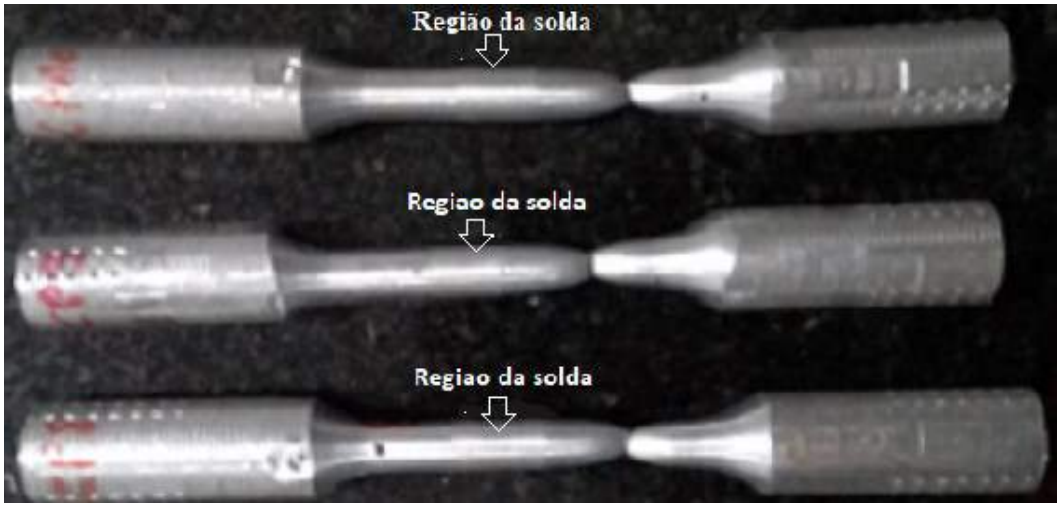



**Figura 5 -** Corpos de prova submetidos ao ensaio de tração.

Nesta etapa todos os corpos de prova romperam fora da região da solda como pode ser observado na Figura 5. Observou-se que as tensões de escoamento do CP8, CP9 e CP10 que são parâmetros de projetos, ficaram acima da tensão de escoamento do material base. Todos os corpos de prova apresentaram uma grande deformação, possivelmente devido ao processo de recozimento que tornou o material mais dúctil. Já as tensões máximas dos CP8, CP9 e CP10 foram semelhantes as tensões do metal base. O corpo de prova que apresentou um melhor resultado foi o CP10, onde foram aplicadas velocidades de 2500 rpm, (t1= 10s e P1= 35 MPa) e (t2= 5s e P2= 58 MPa). Os corpos de prova foram usinados e submetidos ao ensaio de tração, na Figura 6 está apresentado o gráfico obtido no ensaio de tração.

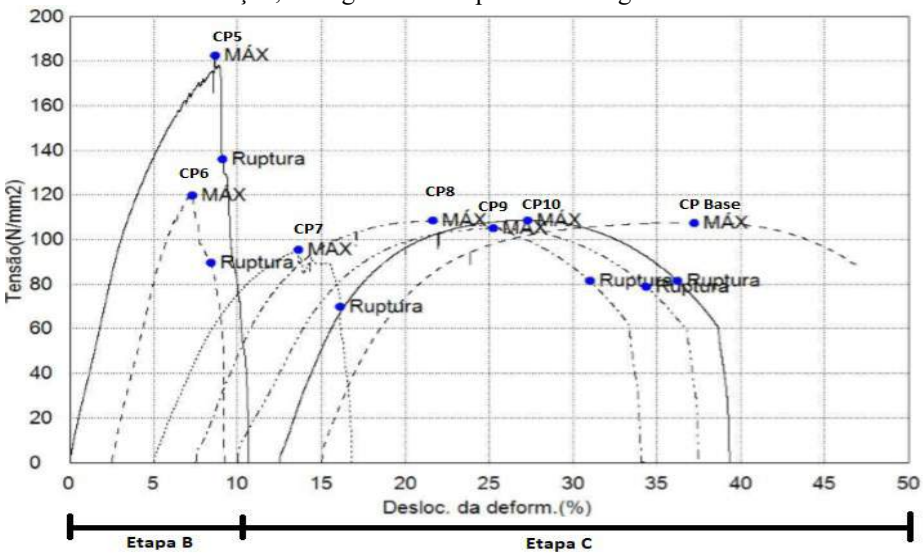



**Figura 6 -** Tensão Máxima e tensão de ruptura (Etapa B e Etapa C).

### 3.4 Comparativo de resultados

Na Tabela 3 pode ser avaliado todos os resultados obtidos nos testes e algumas considerações. Como pode ser observado no alumínio AA 6351-T6, que quando aplicada tanto a pressão manual quanto a hidráulica, não ocorrem grandes variações nas tensões de escoamento, porém a deformação dos pinos é proporcional ao tempo de atrito. A tensão de escoamento de todos os pinos foi de aproximadamente 1/3 da tensão de escoamento do metal base.

Para os pinos do mesmo material, porém recozidos, CPs 7 a 10, as tensões de escoamento foram superiores as tensões de escoamento do metal base recozido e se mostraram mais dúcteis, ocorrendo maiores deformações. No entanto não houve uma proporcionalidade da deformação com o tempo, provavelmente devido ao ajuste de pressão do cabeçote móvel do torno que impediu, em parte, a deformação.

Também pode ser observado que independente da forma de aplicar a pressão, os corpos de prova que tiveram um menor tempo de aquecimento, foram os que apresentaram uma tensão de escoamento maior.

**Tabela 3 -** Comparativo dos resultados.

| Material | Pressão | CP | Tempo Atrito $t_1$ (s) | Tensão Escoamento ($N/mm^2$) | Deformação (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Alumínio AA 6351- T6** | Manual | CP1 | 66 | 92,252 | 6 |
| | | CP2 | 66 | 93,643 | 6 |
| | | CP3 | 56 | 100,268 | 5 |
| | | CP4 | 90 | 90,890 | 8 |
| | Hidráulica $P_1$ 35 MPa $P_2$ 58 MPa | CP5 | 30 | 100,650 | 10 |
| | | CP6 | 15 | 95,880 | 9,5 |
| | | CP Base | | 320,808 | |
| **Alumínio AA 6351 Recozido** | Hidráulica $P_1$ 35 MPa $P_2$ 58 MPa | CP7 | 15 | 59,927 | 17 |
| | | CP8 | 15 | 63,465 | 22 |
| | | CP9 | 20 | 61,222 | 34 |
| | | CP10 | 10 | 63,897 | 21 |
| | | CP Base | | 55,372 | |

### 3.5 Etapa D

Nesta etapa, foram analisados a macroestrutura e a dureza da região soldada. Foram soldados dois corpos de prova recozidos (CP11, CP12 e CP base) aplicando os mesmos parâmetros utilizados no CP10 (Etapa C) e uma amostragem da macroestrutura do material base recozido. Na Figura 7 pode-se fazer uma análise a nível macografico da região da solda.

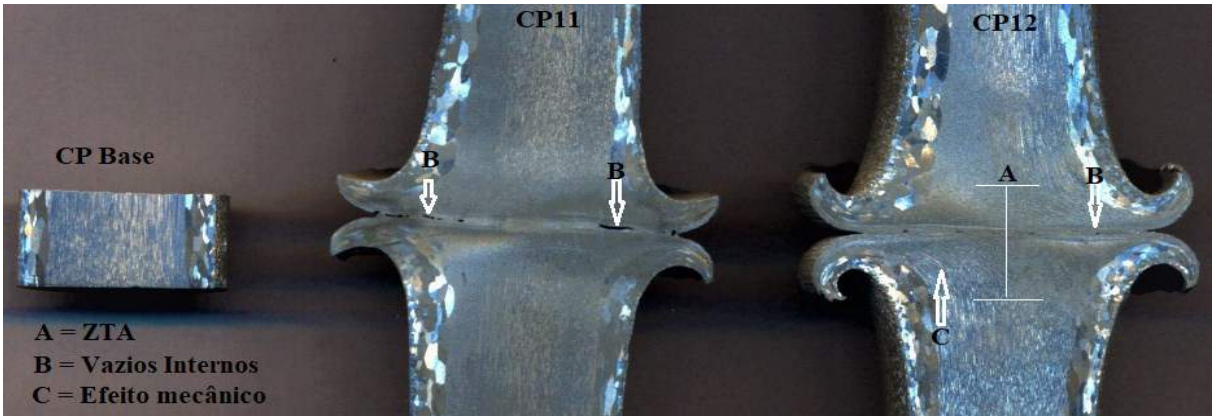



**Figura 7 -** Análise macrográfica da soldagem.

Pode-se avaliar claramente a ZTA (ponto A) e possivelmente até onde houve mudança da microestrutura. Pode-se determinar que houveram falhas visíveis na interface de ligação entre os corpos de prova, como pode ser observado formaram-se pontos com vazios interno (ponto B). A região apresentada pelo (ponto C) é referente à deformação mecânica, onde o desalinhamento no sentido longitudinal dos grãos mostra onde houve o efeito mecânico combinado com a entrada de calor e aplicação da pressão implicando em alterações microestruturais e no perfil de microdurezas desta área.

O ensaio de dureza foi realizado partindo da região central da solda, nos dois sentidos longitudinais e no sentido vertical. As medidas foram executadas a cada 3 mm até os resultados se igualarem a dureza do material base. A Figura 8 define como serão extraídos os resultados de dureza do material e o perfil destas microdurezas.

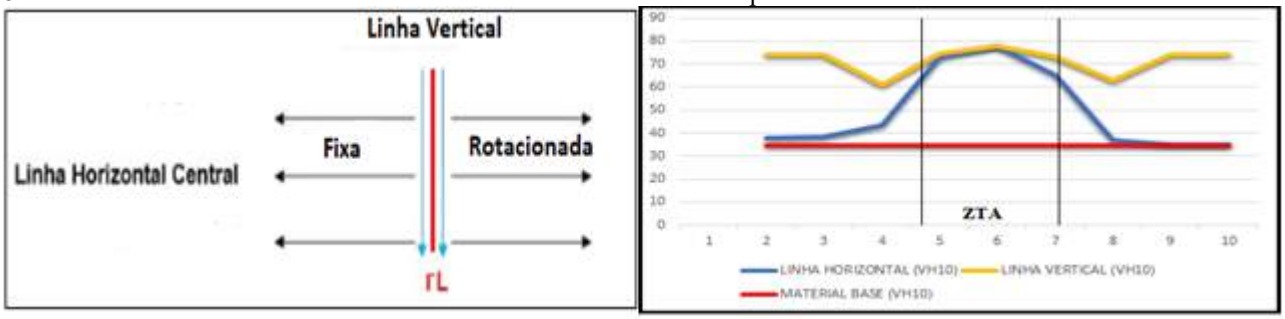



**Figura 8 -** Esquema de análise e perfil da microdureza Vickers.

Como resultados foi possível verificar que houve um aumento significativo da dureza nas regiões da solda e adjacentes. O valor máximo de microdureza foi registrado na ZTA do anel sendo este 74 HV10, também é possível verificar um decréscimo nas microdurezas no sentido longitudinal da peça. As durezas no sentido vertical se mantiveram constantes, não havendo grandes variações entre a região central e a região periférica da peça.

Como pode ser observado a dureza final da peça fixa se mantém um pouco mais elevada que a dureza da peça rotacionada, isso se deve possivelmente, a uma maior propagação de calor nesta direção, já que para esta peça não rotacionada, as taxas de resfriamento são menores.

## 4. CONCLUSÕES

Os testes conduzidos neste trabalho na Etapa A mostraram que a soldagem da liga de alumínio AA 6351 - T6 pelo processo SFR é possível, mesmo que sob condições de operação desfavoráveis. É importante destacar que a falta de controle de parte das variáveis do processo resultou em uma união imperfeita das peças, com resistência mecânica reduzida em relação ao material base.

É possível verificar regiões onde não houve a perfeita adesão das interfaces de soldagem, ocasionando a ruptura com baixa ductilidade nos ensaios de tração. Estes defeitos podem ser atribuídos a possíveis desalinhamentos na inclinação do eixo da máquina ou às vibrações devido à limitação do equipamento de solda,

Os corpos de prova de tração onde a ruptura ocorreu na solda, tiveram uma diminuição no limite de resistência quando comparado aos valores registrados para o material de base. Possivelmente isso se deve à redução nos valores de microdurezas, que diminuíram a resistência do material.

A redução do comprimento nos corpos de prova de alumínio foi maior nas amostras que tiveram um maior tempo de aquecimento, pois eles ficaram mais tempo expostos ao calor produzido pelo atrito.

Já na etapa C onde foram ensaiados corpos de prova recozidos os resultados se mostraram satisfatórios, pois a tensão de escoamento do material soldado ficou acima da tensão de escoamento do metal base, sendo que em todos os corpos de prova ensaiados nos testes de tração as rupturas ocorreram fora da região da solda.

As análises macrográficas na Etapa D mostraram que quando as pressões de atrito são baixas ou não são corretamente aplicadas, surgem defeitos internos e alterações na microdrureza do material soldado.

Os resultados obtidos neste trabalho são de fundamental importância para o entendimento e compreensão das principais características do processo de soldagem por fricção, e da viabilidade da aplicação deste processo na produção de junções estruturais que venham a ser utilizadas nos mais diversos setores da indústria.

## 5. REFERENCIAS

AllumiCopper, Alumínio 6351. Disponível em: <http://www.alumicopper.com.br/pdf/aluminio/info-tec-alumi_aluminio_6351.pdf>. Acesso em: 14/07/2018.

ASM Metals Handbook, Volume 06 – Welding, Brazing and Soldering, 1993.

ALVES, E. P. Caracterização Mecânica e Estudo do Perfil Térmico na Soldagem por Fricção Rotativa de Materiais Dissimilares. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores. INPE, São José dos Campos, 2016.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A.Q.; Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. 3.ed. atualizada; Belo Horizonte, 2011.

## 6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste paper.

CONIGTI

# Fisioterapia:

# Desenvolvimento Humano, Saúde e Educação

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO COGNITIVA EM PACIENTES COM DOENÇA RENAL CRÔNICA SUBMETIDOS A HEMODIÁLISE NA FHST- ERECHIM

**Daiane de Abreu**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
daianeabreu55@hotmail.com

**Ana Lucia Bernardo de Carvalho Morsch**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
anamorsch@uricer.edu.br

**Fernanda DalMasso Camera**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
fernandadalmasocamera@gmail.com

**Fernanda Andrade**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
nandaandrade1705@hotmail.com

**Mari Lucia Sbardelotto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
marisbard89@gmail.com

**Karine Angelica Malysz**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
karimalysz@hotmail.com

***Abstract.*** *O presente estudo teve como objetivo avaliar a função cognitiva em pacientes com doença renal crônica submetidos a hemodiálise (HD) na Fundação Hospitalar Santa Terezinha, no município de Erechim. O estudo de natureza transversal, foi desenvolvido durante o estágio de fisioterapia hospitalar , nos dias 23 e 27 maio de 2018, com os pacientes que realizavam a HD nesse período, e contou com uma amostra de 16 pacientes. A avaliação da função cognitiva dos pacientes foi realizada por meio da aplicação do questionário Mini Exame Estado Mental (MEEM). Como conclusão nosso estudo obteve resultados semelhantes a outras pesquisas, demonstrando a influência da idade e da escolaridade do paciente sobre o resultado do teste MEEM. Quanto maior a idade, menor o escore obtido, e quanto maior a escolaridade maior o escore obtido.*

***Keywords:*** *Doença renal crônica, Hemodiálise, Função cognitiva, Mini Exame Estado Mental.*

## 1. INTRODUÇÃO

A doença renal crônica é caracterizada por perda da função renal, progride de forma lenta, progressiva e irreversível, e acaba sendo acompanhada por um conjunto de doenças subjacentes, levando à alterações de âmbito sistêmico, alterações físicas, psicológicas, sociais e emocionais (EVERLING et al, 2016).

Prejuízos na função cognitiva também podem ser observados nesses pacientes, condições associadas há essas perdas geralmente são depressão, delirium (síndrome caracterizada por alteração na consciência e de funções cognitivas, início rápido e curso flutuante), comprometimento cognitivo leve e demência. Os possíveis mecanismos que levam a essa perda são dano neuronal (causado por toxinas urêmicas), lesões cerebrais isquêmicas, estresse oxidativo e inflamação crônica. (MATTA et al, 2014). O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a função cognitiva em pacientes com doença renal crônica submetidos a hemodiálise na Fundação Hospitalar Santa Terezinha, no município de Erechim, essa avaliação foi realizada através do Mini Exame do Estado Mental (MEEM).

## 2. METODOLOGIA

Este estudo é de natureza transversal e foi realizado com a população submetida à hemodiálise na Fundação Hospitalar Santa Terezinha nos dias 23 e 27 de maio de 2018, dias em que foram realizadas as avaliações, sendo a população nestes dias composta por 26 pacientes. Desses pacientes, 10 foram excluídos do estudo pois se encaixavam nos critérios de exclusão: pacientes que tinham a fistula em seu membro superior dominante (usado para escrita), pacientes com problemas de visão e pacientes que não concordaram em participar do estudo. Restando como amostra da pesquisa 16 pacientes.

Realizou-se então a coleta dos dados por meio da aplicação do questionário Mini Exame do Estado Mental (MEEM), de forma individualizada. Esse questionário é dividido em duas partes, uma relacionada a orientação, memória e atenção, com pontuação máxima de 21 pontos, e a outra parte aborda habilidades especificas como nomear e compreender, e a pontuação máxima são 9 pontos, as duas partes totalizam 30 pontos. É um questionário constituído por questões de memória recente e registro de memória imediata, orientação temporal e espacial, atenção, cálculo, linguagem e habilidade construcional.

Existem particularidades relacionadas ao escore do questionário, isso acontece devido a influência do nível de escolaridade no resultado final, devido a isso adotam-se notas de corte de acordo com o grau de instrução de cada participante: 19 pontos para analfabetos; 23,4 pontos para pessoas com escolaridade de 1 à 3 anos; 24 pontos para pessoas com escolaridade de 4 à 7 anos e 28 pontos para aqueles com mais de 7 anos de escolaridade. Escore muito baixos associados a outros testes de função cognitiva sugerem encaminhamento para avaliação neuropsicológica específica (BRASIL, 2006).

Os dados obtidos foram digitados no Microsoft Excel 2013, e foram analisados utilizando esse mesmo programa.

## 3. RESULTADOS

A amostra foi composta por 16 pessoas, sendo 3 sexo feminino (19%) e 13 sexo masculino (81%), 10 pacientes são classificados como adultos (média idade 43,3 anos, ±10,44) e 6 idosos (média idade 66,5 anos, ±8,14). De acordo com o grau de escolaridade 5 (31%) pessoas estudaram em média de 0 à 3 anos, 10 (63%) pessoas em média 4 à 8 anos e apenas uma pessoa (6%) estudou mais que 8 anos. A menor pontuação obtida no teste foi 21 pontos e a maior 30 pontos.

A média obtida no escore de pontos pelos 6 pacientes idosos foi 22,5 (±1,37). Dos 10 participantes considerados adultos a média do escore foi 26,2 (±3,01). De acordo com o grau de escolaridade as 5 pessoas que estudaram de 0 à 3 anos obtiveram escore médio de 22,8 (±1,30). Das 10 pessoas que estudaram de 4 à 8 anos, o escore médio foi 25,3 (±3,09), o participante com escolaridade maior que 8 anos atingiu 30 pontos.

Pode-se observar nesses resultados que os participantes adultos e com escolaridade maior obtiveram escores maiores no teste, do que participantes idosos e com menor escolaridade.

Segundo o autor BRASIL 2006, indivíduos com escolaridade de 0 à 3 anos devem atingir um escore mínimo de 23,4 pontos, os participantes da nossa pesquisa atingiram 22,8 pontos em média no escore, ficando um pouco abaixo do esperado. Porém por ser uma diferença consideravelmente pequena (±0,42), não podemos afirmar que esses participantes tenham algum déficit na função cognitiva.

Os participantes com 4 à 8 anos, e com mais de 8 anos de escolaridade atingiram e superaram os escores mínimos sugeridos pelo autor anterior.

Em relação aos domínios que o teste aborda, dos 16 participantes,11 (69%) tiveram maior dificuldade nos domínios de atenção e cálculo, e também lembrança ou memória de evocação.

## 4. DISCUSSÃO

A DRC (Doença Renal Crônica) é um fator de risco independente para comprometimento cognitivo progressivo e demência. Embora o comprometimento cognitivo seja reconhecido como uma complicação comum, permanence pouco identificada. A prevalência relatada de comprometimento cognitivo em diálise é estimada entre 30% e 60%, enquanto menos de 5% dos pacientes apresentam históricos de comprometimento cognitivo documentados clinicamente (ARNOLD, 2016).

O comprometimento cognitivo pode ser compreendido como déficit cognitivo leve até demência grave. Prejuízos leves e moderados podem não interferir significativamente nas atividades diárias de cada indivíduo, porém devem ser identificados precocemente, pois à chance de desenvolverem complicações cognitivas mais graves. Alguns fatores podem aumentar a predisposição de cada indivíduo para prejuízos cognitivos, são eles idade, gênero, histórico familiar, nível educacional, tabagismo, etilismo, estresse, alimentação. Algumas manifestações de déficit cognitivo encontradas em pacientes com DRC são a diminuição do estado de alerta, atenção e coordenação, dificuldade de aprendizagem, prejuízo intelectual, déficit de memória (MARCHETTE, 2014; ELIAS; DORE; DAVEY, 2013).

A realização da hemodiálise, aumenta as chances de desenvolvimento de déficit cognitivo. Em estudo realizado com 61 pacientes, observou-se que 76,9% submetidos ao MEEM apresentaram algum nível de declínio cognitivo. Pacientes com faixa etária de 40 a 60 anos apresentaram maior prevalência de declínio cognitivo de leve a moderado, quando comparados com pacientes nas demais faixas etárias (p=0,014). Pacientes com escolaridade menor que quatro anos (p <0,001) e que possuíam 3 filhos ou mais (p=0,043) também tiveram maior prevalência de declínio cognitivo, ainda que

em níveis de leve a moderado. A escolaridade e idade são variáveis de grande influência no MEEM, pois mesmo indivíduos que não apresentavam evidências de déficit cognitivo, quanto maior a idade e menor a escolaridade, menor o escore de pontos obtidos no teste (GUANARÉ et al, 2016).

Em estudo realizado com 314 pacientes em hemodiálise na cidade de Boston, com idade média de 63 anos, 90% da amostra com escolaridade de ensino médio e superior completo. Foi realizado o MEEM, e o escore médio obtido foi 26,7 pontos, 42 participantes obtiveram um escore < 24; 17 participantes escore ≤ 21 pontos, e 6 participantes ≤ 18 pontos. Sendo assim um total de 22% teve déficit cognitivo definido pelo escore do MEEM. Podemos observar que a amostra foi composta por indivíduos com um grau de escolaridade relativamente alto, o que pode explicar o valor médio de pontos obtido no escore 26,7 pontos, sugerindo a influência da escolaridade nos resultados (SARNAK et al, 2013).

A idade dos participantes vem sido relacionada como fator que interfere nos resultados do MEEM, em estudo com indivíduos de 18 a 81 anos, a mediana apresentada foi de 29 pontos para indivíduos de 18 a 24 anos, e mediana de 25 para indivíduos com mais de 80 anos (MOTA et al 2008).

Como já vem sido falado, pacientes em hemodiálise tendem a apresentar pior desempenho em testes cognitivos, em outro estudo com avaliação de MEEM, com uma amostra de 75 pacientes renais encontrou uma pontuação média de 24,16 (± 4,49) pontos, com um pontuação mínima de 7 e máxima de 30. Sendo as menores pontuações nos domínios 'atenção' e 'cálculo'(GESUALDO et al, 2016). Correspondendo aos domínios que os participantes de nossa pesquisa também tiveram menor pontuação.

Em comparação a estudos semelhantes realizados com 100 pacientes com doença renal crônica, com idade média de 51,1 anos e com medianas de 6,5 anos de estudo, e estado cognitivo avaliado pelo MEEM, 84% dos pacientes não apresentaram comprometimento cognitivo, o escore do teste foi de uma média de 22,8 (±4,4), com mínima de 11 e máxima de 30 pontos. Segundo o autor desse estudo o fato que pode estar relacionado ao não comprometimento cognitivo dos participantes é a média de idade, pois não corresponde a uma amostra de indivíduos idosos. Pois existem apontamentos que a idade avançada, juntamente com comprometimento da função renal tendem a diminuir função cognitiva (LIRA et al 2017).

Contudo, outro estudo realizado com 69 pacientes com DRC, em tratamento por hemodiálise, com média de idade de 43,5 anos, no que diz respeito ao grau de escolaridade, 51% dos participantes apresentavam mais de 8 anos de escolaridade e 16% eram analfabetos. Foram encontrados 8 pacientes (11,8%) com MEEM alterado, 5 com faixa etária de 20 – 59 anos, e 2 acima de 60 anos. Quando ao grau de escolaridade, apenas 1 paciente sem instrução apresentava alteração do MEEM, enquanto os outros 7 apresentavam mais de 8 anos de escolaridade. Nesse estudo os resultados podem ser explicados pois além da função cognitiva vários outros aspectos foram avaliados, como doenças associadas, qualidade de vida, exames laboratoriais, raça, sugerindo que a função cognitiva não está associada somente a maior idade e menor nível de escolaridade, mas sim há diversos aspectos somados (RIBEIRO, 2015).

Com isso, apesar do MEEM ser o teste de rastreio cognitivo mais utilizado na prática clínica, apresenta limitações na identificação precoce de possíveis déficits, por isso torna-se necessário a utilização de outras escalas, para que se possa investigar melhor a função cognitiva do indivíduo (MOTA et al 2008).Um teste que pode contribuir para avaliar de forma mais sensível o comprometimento cognitivo leve é o Montreal Cognitive Assessment (MoCA), que avalia funções executivas, podendo ser utilizado não só na avaliaçã de indivíduos com doença renal crônica, mas também com insuficiência cerebrovascular, doença de Parkinson e diabetes melitus. Em um estudo brasileiro utilizando MoCA, em 105 pacientes com média de idade de 69,9 anos identificou comprometimento cognitivo em 79% dos indivíduos, sendo que nenhum desses pacientes tinha registro de déficit pontuado no prontuário (PARAIZO et al, 2016).

Em outro estudo realizado na Colômbia, utilizando outro teste de avaliação cognitiva NEUROPSI (explora 8 domínios), realizado com 251 pacientes com DRC, média de idade de 76,3 anos, com mediana de grau de escolaridade de 6 anos. A prevalência geral de comprometimento cognitivo foi de 51%; desses 36% tinham comprometimento cognitivo leve e 15% comprometimento cognitivo moderado ou grave (AMGARITA et al, 2016).

Outro fator que pode ser associado ao Mini Mental é a diversidade de versões do instrumento utilizada em pesquisas brasileiras, a escolha de ponto de corte mais adequado para o nível de escolaridade e idade do paciente, pode gerar insegurança e preocupação na aplicação do MEEM, uma vez que pode ocorrer erro de incluir falsos positivos ou falsos negativos para déficit cognitivo. Devido a isso, à necessidade de associar outros instrumentos para melhor avaliação cognitiva dos pacientes (MELO; BARBOSA, 2015).

## 5. CONCLUSÃO

Como conclusão nosso estudo obteve resultados semelhantes a outras pesquisas, demonstrando a influência da idade e da escolaridade do paciente sobre o resultado do teste MEEM. Quanto maior a idade, menor o escore obtido, e quanto maior a escolaridade maior o escore obtido.

## 6. REFERÊNCIAS

AMGARITA, C. E. R., et al, 2016. Cognitive impairment and depression in a population of patients with chronic kidney disease in Colombia: a prevalence study. Journal of Kidney Health and Disease, v. 3, n. 26, p. 1 – 8.

ARNOLD, R., et al, 2016. Neurological complications in chronic kidney disease. Journal of the Royal Society of Medicine Cardiovascular Disease, v. 5, n. 1, p. 1 – 13.

BRASIL. Ministério da Saúde. Envelhecimento e saúde da pessoa idosa. Brasília, 2006. (Cadernos de Atenção Básica).

ELIAS, M.F., DORE, G. A., DAVEY, A., 2013. Kidney Disease and Cognitive Function. Contributions Nephrology, v. 179, n. 1, p. 42 – 57.

EVERLING, J., et al., 2016. Eventos associados à hemodiálise e percepções de incômodo com a doença renal. Avances em Enfermagem, v. 34, n.1, p. 48 – 57.

GESUALDO, G. D., et al., 2016. Cognitive impairment of patients with chronic renal disease on hemodialysis and its relationship with sociodemographic and clinical characteristics. Dement Neuropsychol, v. 11, n. 3, p. 221 – 226.

GUANARÉ, V. C. S. C., et al., 2016. Fatores associados à função cognitiva de pacientes com Doença Renal Crônica. Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional, v. 24, n. 2, p. 287 – 296.

LIRA, A. L. B. C., et al.,2017. Características psicológicas e cognitivas relacionadas aos aspectos clínicos e socioeconômicos dos pacientes em hemodiálise. Revista Cubana de Enfermaria, v. 33, n. 3, p. 1 – 11.

MARCHETTE, J. C. N., 2014. Função cognitiva e qualidade de vida em pacientes com doença renal crônica nos estágios III e IV. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina de Botucatu (UNESP), São Paulo, SP.

MATTA, S. M., et al., 2014. Alterações cognitivas na doença renal crônica: uma atualização. Jornal Brasileiro de Nefrologia, v. 36, n. 2, p. 241 – 245.

MELO, D, M.; BARBOSA, A. J. G., 2015. O uso do Mini-Exame do Estado Mental em pesquisas com idosos no Brasil: uma revisão sistemática. Ciência e Saúde Coletiva, v. 20, n. 12, p. 3865 – 3876.

MOTA, M. M. P. E., et al., 2008. Triagem cognitiva: comparações entre o mini-mental e o teste de trilhas. Estudos de Psicologia, v. 25, n. 3, p. 353 – 359.

PARAIZO, M. A., et al., 2016. Montreal Cognitive Assessment (MoCA) no rastreio de comprometimento cognitivo leve (CCL) em pacientes com doença renal crônica (DRC) pré-dialítica. Jornal Brasileiro de Nefrologia, v. 38, n. 1, p. 31 – 41.

RIBEIRO, F. G., 2015. Avaliação cognitiva em pacientes com doença renal crônica no Serviço de Nefrologia de um Hospital Universitário. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, MA.

SHARNAK, M. J., et al., 2013. Frequency of and risk factors for poor cognitive performance in hemodialysis patients. American Academy of Neurology, v. 80, n. 29, p. 471 – 480.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EDUCAÇÃO E ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL NO AMBIENTE ESCOLAR

**Morgana de Marco**
morganademarco@gmail.com

**Juliana Girotto**
juliana.girotto@erechim.ifrs.edu.br

**Marlova Balke**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Erechim. Rua Domingos Zanella, 104, Erechim/RS, Brasil. CEP: 99713-028
marlova.balke@erechim.ifrs.edu.br

***Resumo.*** *Atualmente, o Brasil convive com a transição nutricional, determinada frequentemente pela má alimentação, que é evidenciada pela tendência contínua de redução da desnutrição no país, associada ao aumento do excesso de peso em diferentes fases da vida. A escola é considerada um espaço privilegiado para se trabalhar o conceito de alimentação saudável, local em que os hábitos alimentares saudáveis podem ser formados. Este artigo relata algumas percepções sobre alimentação saudável, por parte de estudantes do sexto ao nono ano do ensino fundamental de uma escola estadual do município de Erechim – RS, sendo envolvidos nas ações propostas pelo projeto de extensão: Educação e Alimentação Saudável: atitudes para uma formação humana e integral, Campus Erechim do IFRS. É possível perceber que os estudantes não apresentavam um conhecimento expressivo em relação aos programas que estão envolvidos com a merenda escolar. A exposição de informações referentes aos programas de merenda escolar esclarecem dúvidas frequentes dos estudantes e até minimizam a rejeitabilidade com determinados alimentos,, além disso, ações deste caráter podem favorecer a autonomia alimentar e melhorar a alimentação dos estudantes e, também, promover o consumo de alimentos naturais e desaconselhar o consumo de industrializados.*

***Palavras chaves:*** *Alimentação Saudável, Alimentos Naturais, Consumo Alimentar.*

## 1. INTRODUÇÃO

A população brasileira tem vivenciado diversas mudanças nas últimas décadas, sejam elas sociais, políticas, econômicas ou culturais. Essas mudanças acarretaram em transformações no estilo de vida do brasileiro, dentre elas no padrão de saúde e no consumo alimentar, que vem impactando severamente em seu estado nutricional. O declínio da pobreza e da exclusão social e o acesso da população aos alimentos, resultou em uma diminuição da fome e da desnutrição, acompanhada por um aumento contínuo do excesso de peso e obesidade em todas as faixas etárias e camadas sociais, o que promoveu novos problemas de saúde pública, relacionados principalmente à alimentação e à nutrição (Brasil, 2012a; Brasil, 2014).

A diminuição da desnutrição e o aumento dos índices de sobrepeso e obesidade estão intimamente ligados ao aumento do nível de inatividade física e da disponibilidade média de calorias para consumo, provenientes, principalmente, da substituição do consumo de alimentos *in natura* por alimentos processados ou ultraprocessados (Brasil, 2012a). Os alimentos ultraprocessados tendem a ser consumidos em maior quantidade, inibindo o consumo de alimentos *in natura* e minimamente processados, em função da praticidade, da alta palatabilidade, das embalagens atrativas e da publicidade e propaganda empregadas (Brasil, 2014).

O comportamento alimentar dos brasileiros sofre influências pelo estilo de vida contemporâneo, onde há um aumento no consumo de alimentos fora de casa, uma variedade e crescente oferta de opções de alimentos e preparações alimentares, além do apelo midiático, da influência do marketing e da tecnologia de alimentos (Brasil, 2012b).

A escola é considerada um espaço privilegiado para se trabalhar o conceito de alimentação saudável, onde os hábitos alimentares saudáveis devem ser formados (Razuck *et al*., 2011; Pinto *et al*., 2014). Além disso, o papel que a escola desempenha na formação do indivíduo, pode ser direcionado para a consolidação e construção de práticas alimentares saudáveis, com atividades voltadas à educação em saúde, repercutindo na prevenção do sobrepeso e da obesidade (Domene, 2008; Yokota *et al*., 2010).

A implementação de atividades de educação alimentar e nutricional (EAN) nas escolas, possibilitando a obtenção de conhecimentos básicos sobre alimentação e nutrição, consiste em uma alternativa para reverter a situação atual observada na transição nutricional. A má alimentação associada à inatividade física, repercutindo no aumento crescente do número de pessoas com sobrepeso e obesidade, vem contribuindo negativamente com a saúde da população, inclusive com a escolar (Martins *et al*., 2010).

O fornecimento da alimentação nas escolas é previsto na Constituição Federal Brasileira como um dever do estado, o qual prevê programas suplementares para sua efetivação. Para suprir esta necessidade e efetivar este direito, em 2006 foi instituído o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) que reconhece a alimentação saudável como um direito humano, que compreende um padrão alimentar adequado às necessidades biológicas, sociais e culturais dos indivíduos, respeitando as fases do curso da vida e as práticas alimentares que assumam os significados socioculturais dos alimentos (Brasil, 2006).

Frente a este cenário, as instituições e entidades de ensino e pesquisa devem prestar apoio técnico e operacional aos estados e municípios na implementação da alimentação saudável nas escolas, incluindo a capacitação de profissionais de saúde e de educação, merendeiras, cantineiros, conselheiros de alimentação escolar e outros profissionais interessados (Brasil, 2006).

Neste viés, os Institutos Federais (IFs) desenvolvem ações de extensão através de programas e projetos, sendo que, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) concebe a extensão como um processo educativo, cultural, social, científico e tecnológico que promove a interação entre as instituições, os segmentos sociais e o mundo do trabalho, com ênfase na produção, desenvolvimento e difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos, visando ao desenvolvimento socioeconômico, ambiental e cultural sustentável, local e regional (Brasil, 2017).

A ação extensionista é uma prática acadêmica que liga a instituição em suas atividades de ensino e pesquisa com as demandas da comunidade, contribuindo para a formação de um profissional cidadão e se credenciando junto à sociedade com um espaço privilegiado de produção e difusão do conhecimento, priorizando a superação das desigualdades sociais (Brasil, 2017).

Neste universo, a alimentação escolar, que nas escolas públicas tem interface com o PNAE, além de proporcionar assistência alimentar suplementar aos estudantes, deve promover a inclusão da educação alimentar e nutricional no processo de ensino-aprendizagem, estimulando o envolvimento de entidades como os Institutos Federais em programas e projetos (Brasil, 2013).

O projeto de extensão do Campus Erechim do IFRS, Educação e Alimentação Saudável: atitudes para uma formação humana e integral está sendo implementado desde 2015, com o objetivo de desenvolver ações que promovam a reflexão sobre os hábitos alimentares envolvendo estudantes e comunidade escolar de escolas públicas, instigando para a mudança de atitudes que possibilitem qualidade de vida através de bom estado nutricional e segurança alimentar. O projeto envolveu até o momento, mais de seiscentas pessoas entre estudantes, professores e funcionários de escolas públicas, desenvolvendo atividades teóricas, práticas e palestras.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo desenvolver atividades sobre educação e alimentação saudável com uma escola estadual do município de Erechim, através de palestras que levassem noções sobre a temática.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação, o grupo focal foi adotado, por ser uma técnica de coleta de dados qualitativos capaz de identificar atitudes e opiniões sobre o tema proposto a partir da interação do grupo (Morgan, 1997). Neste processo os participantes expõem suas experiências, sendo possível desvelar o que pensam, relatando seu entendimento quanto à alimentação escolar.

O estudo foi desenvolvido com estudantes do sexto ao nono ano de uma escola estadual do município de Erechim – RS, a população do estudo contou com oitenta e um estudantes, sendo dezoito estudantes do sexto ano, dezesseis estudantes do sétimo ano, vinte e dois estudantes do oitavo ano e vinte e cinco estudantes do nono ano.

Organizaram-se três encontros iniciais, sendo cada encontro distinto para cada ano escolar.

Os grupos focais aconteceram no âmbito escolar, orientando-se por um roteiro composto por materiais audiovisuais e interação verbal entre os participantes, abordando os seguintes temas: noções de nutrição, composição e valor nutricional dos alimentos, PNAE, Guia Alimentar para a População Brasileira, legislação vigente sobre o fornecimento de merenda escolar; disfunções alimentares, padrões de comportamentos alimentares que causam prejuízos à saúde; alimentação saudável no ambiente escolar; hábitos de higiene, boas práticas de manipulação e conservação de alimentos. A avaliação foi composta por questões estruturadas que abordaram a percepção do grupo quanto aos aspectos trabalhados nas palestras audiovisuais, e interação verbal. As atividades foram conduzidas por um moderador e dois observadores, sendo todas as atividades registradas em fotografias e questionário descritivo, mediante autorização dos participantes por assinatura em Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Dentre os temas abordados nos encontros, algumas questões foram aplicadas aos estudantes a fim de identificar o seu entendimento quanto às atividades desenvolvidas, sendo destacadas quatro questões objetivas: “1) Antes de ter contato com o projeto, você teve acesso a alguma informação sobre o Programa Nacional de Alimentação Escolar

(PNAE)? 2) Você sabia que no mínimo 30% da merenda escolar deve ser proveniente da agricultura familiar? 3) O projeto sobre alimentação saudável foi importante para ampliar seus conhecimentos? 4) Com base no que você aprendeu no projeto, modificou algum hábito? Descreva".

As questões eram seguidas de alternativas com os itens "sim" e "não", sendo que, a última apresentava opção de resposta subjetiva.

As informações foram tratadas com base na análise do conteúdo através da leitura do conjunto do material selecionado e análise dos dados coletados. Além disso, a opinião dos estudantes em relação ao projeto desenvolvido foi avaliada.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo realizado foi avaliado de acordo com o entendimento dos estudantes acerca dos temas trabalhados no decorrer dos encontros. A Tabela 1 mostra, em porcentagem, qual é o conhecimento em relação ao Programa Nacional de Alimentação Escolar PNAE e em relação à obrigatoriedade de no mínimo 30% da merenda escolar ser proveniente da agricultura familiar (questões 1 e 2), antes de os mesmos assuntos serem abordados nos encontros.

É possível perceber que os estudantes não tinham um conhecimento expressivo em relação aos programas que estão envolvidos com a merenda escolar. A exposição de informações referentes aos programas de merenda escolar esclarecem dúvidas frequentes dos estudantes e até minimizam a rejeitabilidade com determinados alimentos. É importante mostrar de onde os alimentos provêm e como o cardápio é elaborado pelos nutricionistas envolvidos com o programa.

A aceitação dos alimentos sofre influência de diversos fatores, como a questão da familiaridade com o alimento, que é resultante das experiências que a criança tem com o mesmo, sendo necessário expô-la ao alimento rejeitado várias vezes (Rossi *et al*., 2008).

As questões 3 e 4 abordaram aspectos relacionados ao projeto e mudança de hábito, sendo que, percebe-se que os estudantes compreenderam e refletiram sobre as informações repassadas e mudaram alguns costumes, conforme relatado na última questão cuja resposta foi subjetiva: "Com base no que você aprendeu no projeto, modificou algum hábito? Descreva". Dentre os relatos, destacamos uma amostragem: "Consumir frutas e controlar a alimentação"; "O uso correto de como aquecer os alimentos e de como congelar"; "Eu aprendi muito a lavagem das mãos"; "Evitar comer muito doce como eu comia"; "Olhar a validade dos alimentos, comer mais frutas e alimentos saudáveis"; "Lavar bem os alimentos, comer mais frutas"; "Parar de comer produtos industrializados"; "Lavar as mãos sempre, saber mais sobre os distúrbios alimentares"; "Agora como mais legumes, frutas, etc"; "De sempre lavar as mãos e verificar os alimentos".

Estas descrições mostram a importância da aproximação dos estudantes com o universo da alimentação, sendo necessária uma abordagem ampliada sobre o tema. De acordo com o Guia Alimentar para a População Brasileira o acesso a informações confiáveis sobre características e determinantes da alimentação adequada e saudável contribui para que pessoas, famílias e comunidades ampliem a autonomia para fazer escolhas alimentares e para que exijam o cumprimento do direito humano à alimentação adequada e saudável (Brasil, 2014).

Ao ampliar-se o conhecimento sobre o tema, é possibilitado maior autonomia nas escolhas que interferem de forma individual e coletiva, sendo que, a preferência por uma alimentação saudável depende de muitos fatores que podem influenciar a forma como as pessoas se alimentam. A organização da comunidade, os aspectos econômicos, políticos, culturais e sociais podem influenciar seu padrão de alimentação, sendo que as estratégias de educação alimentar e nutricional podem contribuir com a busca por maior qualidade na relação indivíduo versus comida.

Tabela 01 – Percepção dos estudantes em relação à alimentação escolar.

| QUESTÕES | RESPOSTAS (%) | |
|---|---|---|
| | Sim | Não |
| Antes de ter contato com o projeto, você teve acesso a alguma informação sobre o PNAE? | 21,25 | 78,75 |
| Você sabia que no mínimo 30% da merenda escolar deve ser proveniente da agricultura familiar? | 45,68 | 54,32 |
| O projeto sobre alimentação saudável foi importante para ampliar seus conhecimentos? | 96,30 | 3,70 |
| Com base no que você aprendeu no projeto, modificou algum hábito? Descreva. | *** | |

Legenda: *** resposta descritiva apresentada nos resultados acima.

É importante apontar a relevância de abordar o tema "alimentação saudável", no contexto escolar, de forma transversal e interdisciplinar, o que contribui com a articulação e integração das áreas do conhecimento na organização do currículo escolar e, consequentemente, na formação científica dos estudantes. Com isso, espera-se produzir efeitos positivos na alimentação das crianças e adolescentes.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escola é o espaço adequado para desenvolver hábitos alimentares saudáveis e para aprender sobre alimentação, sendo papel da escola ensinar os alimentos que compõem uma alimentação saudável. O ensino dessa temática no ambiente escolar tem como objetivo construir a noção de alimentação saudável, favorecer a autonomia alimentar e melhorar a alimentação dos estudantes e, também, promover o consumo de alimentos naturais e desaconselhar o consumo de industrializados. Em sala de aula, as ações sobre alimentação saudável são uma possibilidade para a educação alimentar e nutricional, mas não devem se restringir a este espaço, nem ações pontuais, como as palestras.

Assim, instrumentos e estratégias de educação alimentar e nutricional devem apoiar pessoas, famílias e comunidades para que adotem práticas alimentares promotoras da saúde e para que compreendam os fatores determinantes dessas práticas, contribuindo para o fortalecimento dos sujeitos na busca de habilidades para tomar decisões e transformar a realidade, assim como para exigir o cumprimento do direito humano à alimentação adequada e saudável. É fundamental que ações de educação alimentar e nutricional sejam desenvolvidas por diversos setores, incluindo saúde, educação, desenvolvimento social, desenvolvimento agrário e habitação.

Pôde-se constatar que o tema deve ser trabalhado de forma transversal e interdisciplinar, sendo apontado como uma possibilidade para efetivar a articulação e a integração das áreas do conhecimento na organização do currículo escolar.

As atividades de extensão auxiliam na construção de relações entre a instituição de ensino e a comunidade externa, possibilitando o aprendizado, promovendo a integração, construindo conhecimento e compartilhamento de experiências.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao Campu Erechim do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, pelo incentivo aos projetos de extensão, estimulando o envolvimento de docentes, técnicos e discentes, possibilitando a relação com a comunidade externa.

Às escolas, entidades e profissionais que até o momento foram parceiros deste projeto, em especial à Escola Estadual Érico Veríssimo de Erechim/RS, que possibilitou o desenvolvimento das ações relatadas neste artigo.

## 6. REFERÊNCIAS

AZEVEDO J. M. 2009. *Programas federais para a gestão da educação básica: continuidade e mudanças.* RBPAE – v.25, n.2, p. 211-231, mai./ago.

BRASIL. 2018. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Resolução FNDE/CD nº 32, de 10 de agosto de 2006. *Estabelece as normas para a execução do Programa Nacional de Alimentação Escolar.* Brasília: Diário Oficial da União, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.fnde.gov.br/web/resolucoes_2006/res032_10082006.pdf> Acesso em: 11 jul.

BRASIL. 2014. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. *Guia alimentar para a população brasileira*. Brasília: Ministério da Saúde.

BRASIL. 2013. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Resolução/CD/FNDE no. 26, de 17 de julho de 2013. *Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE.* Brasília: Ministério da Educação.

BRASIL. 2012a. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral de Alimentação e Nutrição. *Política Nacional de Alimentação e Nutrição.* Brasília-DF: Ministério da Saúde.

BRASIL. 2012b. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. *Marco de referência de educação alimentar e nutricional para as políticas públicas.* Brasília-DF: MDS; Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional.

BRASIL. 2018. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental. Brasília: Ministério da Educação, 1998.* Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/saude.pdf. Acesso em 14 jul. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. *Política de Extensão do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Conselho Superior: Bento Gonçalves, 2017.* Disponível em: https://ifrs.edu.br/wp-content/uploads/2017/08/Resolucao_058_17_Completa.pdf. Acesso em 14 jul. 2018.

BRASIL. 2018. Ministério da Saúde. Portaria interministerial nº 1.010, de 8 de maio de 2006. *Institui as diretrizes para a promoção da alimentação saudável nas escolas de educação infantil, fundamental e nível médio das redes públicas e privadas, em âmbito nacional.* Disponível em: <http://crn3.org.br/Areas/Admin/Content/upload/file-0711201572722.pdf>. Acesso em 11 jul.

BRASIL. 1997. Ministério da Saúde. Secretaria de atenção à saúde - departamento de atenção básica. *PNAN: Política Nacional de Alimentação e Nutrição*. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_alimentacao_nutricao.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2018.

DOMENE, S.M.Á. 2008. *A escola como ambiente de promoção da saúde e educação nutricional.* Psicol. USP, São Paulo, v.19, n.4, p.505-517, dez.

MARTINS, D. et al. 2010. *Educação nutricional: atuando na formação de hábitos alimentares saudáveis de crianças em idade escolar.* Rev. Simbio-Logias, v.3, n.4, Junho.

MORGAN D. L. 1997. Focus groups as qualitative research. 2ª ed. California: SAGE; p. 80.

PINTO V. L. X. et al. 2014. *Educação Permanente de professores: a reflexão-ação na promoção da alimentação saudável nas escolas.* Extensão em Foco, Curitiba: Editora da UFPR, n.10, p.37-58, jul/dez.

RAZUCK, R.C.S.R. et al. 2011. *A Influência do professor nos Hábitos Alimentares.* VIII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências - ENPEC. ABRAPEC.

ROSSI, A.; MOREIRA, E. A.; RAUEN M. S. 2008. *Determinants of eating behavior: a review focusing on the family.* Rev Nutr. Ed. 21, p.48.

YOKOTA, R.T.C. et al. 2010. *Projeto "a escola promovendo hábitos alimentares saudáveis": comparação de duas estratégias de educação nutricional no Distrito Federal, Brasil*. Rev. Nutr., Campinas, v.23, n.1, p.37-47, Feb.

## 7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PREVALÊNCIA DE DORES ARTICULARES EM PACIENTES COM DOENÇA RENAL CRÔNICA SUBMETIDOS À HEMODIÁLISE

**Natália Cades Bocca**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – Avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
natalia.cades@hotmail.com

**Ana Lucia Bernardo de Carvalho Morsch**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – Avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
anamorsch@uricer.edu.br

**Fernanda DalMasso Camera**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – Avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
fernandadalmasocamera@gmail.com

**Fernanda Andrade**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – Avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
nandaandrade1705@hotmail.com

**Mari Lucia Sbardelotto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – Avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
marisbard89@gmail.com

**Karine Angelica Malysz**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – Avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.
karimalysz@hotmail.com

***Abstract.*** *O presente estudo teve como objetivo verificar a prevalência de dores articulares em pacientes com DRC submetidos a HD na Fundação Hospitalar Santa Terezinha, na cidade de Erechim, RS. Estudo de característica descritiva com devantamento de dados sobre a presença de dores articulares em pacientes com DRC submetidos a HD. O estudo foi desenvolvido durante o estágio de fisioterapia hospitalar no Centro de Hemodiálise da Fundação Hospitalar Santa Terezinha - Erechim / RS nos dias 9 e 10 de abril 2018, com os pacientes que realizavam a HD nesses dois dias, no período da manhã e da tarde. A coleta de dados foi realizada durante a HD e efetuada por meio do Diagrama de Corlett para avaliar os desconfortos articulares e o tipo de desconforto nesses pacientes, sendo que não foi encontrado um instrumento específico para essa classe de indivíduos, e anexado a este o período do dia em que essa dor prevaleceu. Teve-se como conclusão que existe uma grande prevalência de dor articular em pacientes com doença renal crônica, devido ao excesso de micronutrientes que não são excretos da maneira correta ou pelo déficit dos mesmos, fazendo com que esses se depositem na articulação gerando calcificação das mesmas.*

***Keywords:*** *Doença renal crônica, Hemodiálise, Dor articular, Manifestações musculoesqueléticas.*

## 1. INTRODUÇÃO

A doença renal crônica (DRC) é caracterizada pela perda progressiva e irreversível das inúmeras funções dos rins, demonstrada pela Taxa de Filtração Glomerular (TFG) menor que 60ml/min/1,73m², que causam alterações nos diversos sistemas do organismo. Essa perda progressiva gera um fracasso do corpo em manter os equilíbrios hidroeletrolíticos e metabólicos, gerando retenção de uréia e outros resíduos no sangue. (COUTINHO E COSTA, 2015; WEBSTER et al, 2017).

A hemodiálise (HD) é a principal escolha para o tratamento da DRC, realiza a filtração e a eliminação extracorpórea do excesso de toxinas que estão no sangue, através de uma máquina dialisadora, sendo primordial um acesso vascular para sua realização. Embora o tratamento hemodialítico seja considerado bastante efetivo, não substitui por inteiro a função renal do paciente podendo o indivíduo apresentar inúmeras manifestações clínicas decorrentes do

excesso de ureia no sangue (uremia), entre elas as manifestações musculoesqueléticas (ALVES et al, 2016; CRUZ, TAGLIAMENTO, WANDERBROOCKE, 2016).

As alterações musculoesqueléticas do doente renal crônico estão ligadas a presença do Hiperparatireoidismo Secundário, apresentando como principais sintomas dores ósseas, dores articulares, mialgia e fraqueza muscular (CUSTÓDIO et al, 2013), essas consequências podem estar relacionadas com o avanço do tempo em que esses pacientes realizam HD. (FRAZÃO et al, 2016)

Com isso, o objetivo deste estudo foi verificar a prevalência de dores articulares em pacientes com DRC submetidos a HD.

## 2. METODOLOGIA

A estratégia metodológica desse estudo é descritiva, com levantamento de dados sobre a presença de dores articulares em pacientes com DRC submetidos a HD.

O estudo foi desenvolvido durante o estágio de fisioterapia hospitalar no Centro de Hemodiálise da Fundação Hospitalar Santa Terezinha - Erechim / RS nos dias 9 e 10 de abril 2018, com os pacientes que realizavam a HD nesses dois dias, no período da manhã e da tarde. A coleta de dados foi realizada durante a HD e efetuada por meio do Diagrama de Corlett para avaliar os desconfortos articulares e o tipo de desconforto nesses pacientes, sendo que não foi encontrado um instrumento específico para essa classe de indivíduos, e anexado a este o período do dia em que essa dor prevaleceu.

O Diagrama de Corlett é uma técnica para avaliar o desconforto em alguma região do corpo por meio de um mapa das regiões corporais, onde o indivíduo que está sendo pesquisado tem que assinalar a região onde prevalece o desconforto e qual o tipo deste.

Dentre os usuários (82) que hemodialisavam nos dias de coleta da pesquisa, uma amostra de apenas 18 indivíduos (22%) participaram do estudo, 4 mulheres (22%) e 14 homens (72%), com uma média de idade de 55,2 anos (DP= 13,06), sendo que desses 4 foram excluídos devido a sua dor ser consequência de algo (2 cirurgia, 1 por esforços e 1 queda). Sendo assim, a amostra final foi composta por 14 pacientes de ambos sexos (17% da população total), com idades diversas. Foram incluídos todos os pacientes que realizavam tratamento dialítico, que aceitaram participar da pesquisa e que a sua dor não era secundária a traumas ou cirurgias.

Os dados foram digitados e armazenados no Microsoft Excel 2010 e analisados no BioEstat versão 5.0.

## 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos constataram que dos 14 participantes, 11 deles eram do sexo masculino, correspondendo a 79% e 3 eram do sexo feminino (21%), e a média de idade foi de 55,7 anos (DP= 11,19). Dos 14 participantes, 5 (36%) relataram não sentir dor alguma, em qualquer parte do corpo, os 9 (64%) restantes relataram desconforto nas seguintes partes do corpo: quadril (14%) com predominância do esquerdo, coluna lombar baixa (14%), cotovelo (21%) com predominância no direito, e 2 (14%) pacientes sentiam algum desconforto em mais de um lugar do corpo. Em relação ao período do dia 6 (67%) relataram sentir uma piora dos sintomas a noite, 2 (22%) relataram sentir continuamente o desconforto e apenas 1 (11%) relatou sentir no período da manhã o desconforto. Também foram avaliados os tipos de desconfortos que eram classificados, segundo o Diagrama de Corlett, em: peso, formigamento, agulhada e dor, sendo que os mais predominantes foram: dor (78%), formigamento (11%) e agulhadas (11%).

## 4. DISCUSSÃO

Como visto no trabalho realizado, a maioria dos pacientes incluídos sentem algum tipo de desconforto em alguma articulação do corpo. Isso se deve em resposta das alterações ósteomioarticulares que ocorrer na DRC. Conforme ocorre um aumento da progressão desta patologia, as funções minerais e endócrinas se alteram e estas são fundamentais na regulação da formação óssea durante o crescimento e o remodelamento ósseo na fase adulta. (GOLDENSTEIN, 2015).

Segundo CARVALHO 2012, a relação do hiperparatireoidismo secundário, surgindo sintomas de dores ósseas e articulares, mialgia e fraqueza muscular, está ligada com o aumento dos níveis séricos de paratormônio (PTH) estando presentes alterações nos níveis de cálcio (hipocalcemia), fosfato (hiperfosfatemia), fósforo (hiperfosfatemia) e deficiência de vitamina D, sendo que alterações nos níveis de PTH só estarão presentes no estágio III da DRC (TFG abaixo de 60ml/min/1,73m²). Devido o progressivo declínio da função dos rins, alterações adaptativas acometem os níveis séricos de cálcio, fósforo e do PTH, denominada Doença mineral óssea relacionada à DRC (DMO-DRC), ocasionando dores ósseas, limitação funcional por ruptura de tendão, fragilidade óssea e deformidades. (TOMICH, 2015).

Segundo estudos realizados por Telles e Boita, 2015, o cálcio e o fósforo atuam juntos mantendo principalmente os ossos, porém quando existe a DRC o fósforo se acumula no sangue e o corpo não usa de forma eficiente o cálcio, assim, o cálcio estará diminuído e o organismo irá retirar cálcio dos ossos para aumentar os níveis sanguíneos, provocando doenças ósseas. Assim, como consequência altas quantidades de cálcio e fósforo no sangue podem ocasionar depósitos de cálcio nas articulações gerando calcificação destas, e consequentemente dor. Também surgem alterações nos níveis

de potássio que podem acumular na corrente sanguínea gerando sinais como fraqueza muscular, sensação de pernas travadas e alterações na função cardíaca. (TALLES, BOITA, 2015).

A amiloidose (acúmulo de beta2-microglobulina) nas articulações, também pode ser o fator para o desenvolvimento dessas alterações e perda de movimento osteoarticular, sendo que as articulações mais acometidas são o punho e o ombro, nesta última, favorece o desenvolvimento de bursites, tenossinovites e erosão óssea. Podemos perceber a importância de uma terapia nutricional para esses pacientes, pois perdem a capacidade de manter um balanço adequado dos micronutrientes no organismo. (RUBACK, MENEZES, ARAUJO).

Em relação à idade, um estudo realizado por Stein et al, 2012 demonstra que quanto mais avançada for a idade implica em uma menor TFG, causando maiores alterações na homeostasia corporal, sendo que a idade media dos participantes foi de 55,7 anos.

O presente estudo demonstrou uma prevalência da DRC em homens, porém uma pesquisa realizada por Hill, 2016 demonstrou uma prevalência maior em mulheres devido estas terem menos massa muscular que os homens, sendo que a massa muscular é um dos principais determinantes da concentração séria de creatinina (substância que avalia a função dos rins).

Em relação ao período noturno os participantes do estudo relataram que foi o mais prevalente no aparecimento das dores, o único achado na literatura mostra uma associação de distúrbios do sono com o aparecimento da fadiga muscular, devido à maioria desses pacientes apresentarem distúrbios respiratórios do sono graves, síndrome das pernas inquietas e sonolência diurna excessiva. (JHAMBA et al, 2013; ROUMELIOTI et al, 2011).

## 5. CONCLUSÃO

O presente estudo nos mostra que existe uma grande prevalência de dores articulares nos pacientes submetidos a HD principalmente naqueles com idade mais avançada, confirmando outros estudos onde a dor aumenta conforome a idade. As causas das dores podem ser por inúmeros fatores, neste estudo não identificados, porém sabemos que o acumulo de minerais das articulações pode gerar dores, e consequentemente diminuição do movimento articular.

## 6. REFERÊNCIAS

ALVES, A. C. O. et al, 2016. Análise de um protocolo fisioterapêutico na força muscular respiratória, capacidade de fluxo expiratório e qualidade de vida de pacientes renais crônicos em hemodiálise. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 3, n. 2, p. 23-3.

CARVALHO, A. B et al, 2012. Adendo das Diretrizes Brasileiras de Prática clínica para o Distúrbio Mineral e Ósseo na doença renal crônica capítulo 2. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 199-205.

COUTINHO, M.P.L.; COSTA, F.G, 2012. Depressão e insuficiência renal crônica: Uma análise psicossociológica. **Psicologia e Saúde,** v. 27, n. 2, p. 449-459.

CRUZ, V.F.E.A, TAGLIAMENTO, G, WANDERBROOCKE, A.C, 2012. A manutenção da vida laboral por doentes renais crônicos em tratamento de hemodiálise: uma análise dos significados do trabalho. **Saúde e Sociedade,** v. 25, n. 4, p. 1050-1063.

CUSTÓDIO, M.R. et al., 2013. Protocolo clínico e diretrizes terapêuticas para o tratamento do hiperparatireoidismo secundário em pacientes com doença renal crônica. **Jornal Brasileiro de Nefrologia,** v. 35, n. 4, p. 308-322.

FERNANDE, M. I. C. D, 2016. Alterações cardiovasculares e pulmonares em pacientes submetidos à hemodiálise. **Revista de enfermagem UERJ**, v. 24, n. 3, p. 1-7.

FRAZÃO, C.M.F.Q., et al. 2016. Modificações corporais vivenciadas por pacientes com doença renal crônica em hemodiálise. **Revista Eletrônica de Enfermagem,** n. 26, p. 300-310.

GOLDENSTEIN, P., 2015. **Impacto da remodelação óssea sobre a transferência de massa de cálcio durante a hemodiálise: estudo em pacientes com hiperparatireoidismo pré e pós paratireoidectomia.** 2015. Tese (Doutorado em Ciências – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

HILL, N.R. et al., 2016. Global Prevalence of Chronic Kidney Disease – A Systematic Review and Meta-Analysis. **PLOS ONE,** v. 11, n. 7, p. 1-18.

JHAMBA, M., et al., 2013. Prevalence and Correlates of Fatigue in Chronic Kidney Disease and End-Stage Renal Disease: Are Sleep Disorders a Key to Understanding Fatigue? **American Journal of Nephrology,** v. 38, n. 6, p. 489-495.

ROUMELIOTI, M.E. et al., 2011. Sleep-Disordered Breathing and Excessive Daytime Sleepiness in Chronic Kidney Disease and Hemodialysis. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology,** v. 6, n. 5, p. 986-994.

STEIN, L. et al., 2012. Age and Association of Kidney Measures With Mortality and End-stage Renal Disease. **JAMA,** v. 308, n. 22, p. 2349- 2360.

TALLES, C., BOITA, E.R.F., 2015. Importância da terapia nutricional com ênfase no cálcio, fósforo e potássio no tratamento da doença renal crônica. **Perspectiva,** v. 39, n. 145, p. 143-154.

TOMICH, G.M. et al.., 2015. Hiperparatireoidismo secundário à doença renal crônica em pacientes em diálise no Pará-Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde,** v. 36, n. 2, p. 67-74.

WEBSTER, A.C. et al., 2017. Chronic Kidney Disease. **The Lancet,** v. 389, n. 10075, p. 1238-1252.

## 7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CÃO TERAPEUTA: O AUXÍLIO À SAÚDE E BEM-ESTAR

**Patrícia Machado Schaden**
URI Campus de Erechim, RS
093697@aluno.uricer.edu.br
**Taise Coroleski**
URI Campus de Erechim, RS
093735@aluno.uricer.edu.br
**Caroline Liotto**
URI Campus de Erechim, RS
017695@aluno.uricer.edu.br

*Resumo: O presente trabalho foi realizado por meio de uma pesquisa bibliográfica, procurando destacar a estreita relação do cão terapêutico com o aumento do bem-estar pessoal. Pretendeu-se evidenciar o vínculo entre os "hormônios da felicidade" ao contato direto com animais domésticos. Procurou-se ainda expor os conceitos dos termos IAA (Intervenções Assistidas por Animais) e TAA (Terapia Assistidas por Animais), um pouco da história do cão terapeuta e as suas indicações. Um dos objetivos desta relação do cão terapeuta com pacientes é proporcionar a tranqüilidade de que precisam e promover a recuperação com maior rapidez, pois os pacientes expostos às terapias têm um aumento significativo no sistema imunológico, na melhora de suas capacidades cognitivas, no controle da pressão arterial e cardíaca, além de elevar a auto-estima, beneficiando na recuperação de problemas físicos ou intelectuais.*

*Palavras-chaves: terapias; cachorro; hormônios.*

*Abstract: The present work was carried out through a bibliographical research, trying to highlight the close relation of the therapeutic dog with the increase of personal well-being. It was intended to highlight the link between "happiness hormones" and direct contact with domestic animals. We also sought to present the concepts of the terms IAA (Animal-Assisted Interventions) and TAA (Animal-Assisted Therapy), a bit of the history of the dog therapist and their indications. One of the goals of this relationship between the dog therapist and patients is to provide the peace of mind they need and promote recovery more quickly, since patients exposed to therapies have a significant increase in the immune system, improvement of their cognitive abilities, arterial and cardiac, besides elevating the self-esteem, benefiting in the recovery of physical or intellectual problems.*

*Keywords: therapies; dog; hormones.*

## 1 INTRODUÇÃO

Dotados de uma qualidade que nós humanos ainda não fomos capazes de desenvolver, dispostos a amar incondicionalmente qualquer um, independente da aparência física, estado psicológico ou humor, alegres, inteligentes e companheiros, os cachorros vão chegando e distribuindo afeto ao menor sinal de interação. É com base neste comportamento que o Cão Terapeuta auxilia na saúde e bem-estar dos diversos públicos.

Existem estudos que comprovam benefícios fisiológicos no ser humano quando em contato com os animais. Sendo o bem-estar de um indivíduo, o seu estado em relação às suas tentativas de adaptar-se ao seu ambiente (BROOM, 1986).

Segundo Kruger (2012), o contato com animais de estimação pode ser fonte significativa de suporte ao bem-estar de pessoas de todas as idades, principalmente no desenvolvimento das crianças, pessoas com distúrbios psicológicos ou cognitivos, pessoas em tratamento do câncer, com alguma doença ou deficiência, idosos em asilos e dependentes químicos em reabilitação.

Atualmente, o termo Intervenções Assistidas por Animais (IAA) é mais utilizado para designarmos as Terapias Assistidas por Animais, pertinente à sua abrangência. Ou seja, o animal é utilizado como apoio em diversas especialidades tais como na psicologia, fisioterapia, gerontologia, fonoaudiologia, com o objetivo de trabalhar as relações afetivas entre paciente e animal, visando a melhoria do bem-estar, ainda trabalham em atividades de controle do estresse em empresas, na ajuda à vítima de desastre natural, prisões, escolas e hospitais.

Goddart e Gilmer (2015) afirmam que a Terapia Assistida por Animais (TAA) refere-se aos serviços desenvolvidos por profissionais de saúde que utilizam o animal como parte integrante do cuidado em saúde. Cada vez mais, os animais são utilizados como apoio terapêutico e a tendência é o aumento das intervenções, devido às evidências cada vez maiores, por meio de trabalhos e pesquisas, dos benefícios desta interação humano e animal.

Objetiva-se com este trabalho, expor uma opção diferenciada de terapia a ser usufruída por diversos tipos de pacientes e em diferentes faixas etárias, motivando e melhorando o bem-estar das pessoas e seus processos de cura, através de um cão terapeuta.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Nesta parte do trabalho será detalhada a revisão bibliográfica em subtítulos, contendo a exposição ordenada e pormenorizada do assunto tratado no estudo.

### 2.1 HORMÔNIOS DO BEM-ESTAR

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a saúde, o bem-estar e a Qualidade de Vida (QV) não devem ser consideradas apenas como ausência de doenças, mas como bem-estar físico, mental e social na sua totalidade (FLECK et al., 1999).

A endorfina, serotonina, dopamina e oxitocina são consideradas os “hormônios do prazer”, pois elas interferem no cotidiano de nossas vidas e estão relacionadas ao bem-estar geral. Por isso, os níveis hormonais adequados são essenciais para a saúde física e psicológica. (PUCCI, 2016).

De acordo com Estefan (2018), a serotonina é uma substância química chamada neurotransmissor, produzida no cérebro com a finalidade de trazer sensações de bem-estar, felicidade e tranquilidade. É uma substância que existe naturalmente no cérebro, mas em algumas situações quando os níveis estiverem baixos, pode ocasionar sintomas como por exemplo tristeza, aumento da fome e depressão.

Ayres (2018) destaca que o contato com os animais ajuda a liberar diversos hormônios do bem: beta-endorfinas, prolactina e oxitocina. Eles todos atuam regulando as taxas de cortisol, hormônio relacionado ao estado de alerta, o que reduz o estresse. E para Odendaal (2000), a liberação de beta-endorfina, oxitocina, prolactina, dopamina, entre outros, produzem um efeito tranquilizador e relaxante.

Segundo Scholze (2013), a interação entre homem e animal traz uma sensação de bem-estar e conforto, resultando na diminuição dos níveis de cortisol – hormônio relacionado ao estado de alerta e que também é conhecido como o "hormônio do estresse", causando diversos problemas à saúde quando encontrado em níveis elevados na corrente sanguínea. Sobre essa interação Fine (2010), afirma que diminuem o estresse e a ansiedade, ocorrendo no organismo humano diminuição da pressão arterial média após 15 minutos de contato e diminuição da secreção de cortisol sérico.

### 2.2 TAA - TERAPIA ASSISTIDA POR ANIMAIS

Friedmann (1990) foi um dos pioneiros no estudo dos efeitos da interação homem-animal sobre parâmetros fisiológicos e a saúde cardiovascular humana, sendo que os resultados de diferentes estudos demonstraram que a TAA pode promover a saúde física através de três mecanismos básicos que incluem: a) diminuição da solidão e da depressão (diminuindo a ansiedade), b) efeitos do sistema nervoso simpático e c) o aumento do estímulo para prática de exercícios.

Mais do que um cuidado considerado contemporâneo, a TAA remete aos registros de Nightingale em 1860, a partir de observação de pacientes que contavam com a companhia de pequenos animais e suas consequentes manifestações de melhora na saúde. Sendo assim, este se configura como um dos primeiros registros no mundo a utilizar tal técnica e a influenciar profissionais de saúde para o uso da TAA (NIGHTINGALE, 1989).

A TAA pode ser aplicada em áreas relacionadas ao desenvolvimento psicomotor e sensorial, no tratamento de distúrbios físicos, mentais e emocionais, em programas destinados a melhorar a capacidade de socialização ou na recuperação da auto-estima. Os recursos da TAA podem ser direcionados a pessoas de diferentes faixas etárias, instituições penais, hospitais, casas de saúde, escolas e clínicas de recuperação. É fundamental o trabalho de uma equipe multidisciplinar capaz de escolher o método mais adequado a ser aplicado, acompanhando as atividades e o bem-estar dos animais e dos pacientes, que irá refletir no benefício real da qualidade de vida dos mesmos (SAN JOAQUÍN, 2002).

Um fator extremamente importante é que a atividade assistida por animais pode ser desenvolvida em grupo ou individualmente, tendo como objetivo o auxílio na busca pelo bem-estar pleno do indivíduo resguardando as especificidades de cada caso (CHITIC et al. 2012).

Apesar de todos os benefícios evidenciados pela terapia, ainda existem muitas dúvidas e medos por parte dos profissionais de saúde e familiares, principalmente entre as crianças com câncer, devido ao estado de imunossupressão que favorece o aparecimento de infecções oportunistas. No entanto, estudo evidencia que os índices de infecção hospitalar entre unidades que recebem a visita de cães e aquelas que não recebem são semelhantes. Se seguidos os

procedimentos adequados (higiene e imunização) para a entrada do cão nesse ambiente, é mais comum um visitante humano transmitir infecções aos pacientes do que os animais (CAPRILLI e MESSERI, 2006).

## 2.3 HISTÓRIA DO CÃO TERAPEUTA

Em meados do século XX, quando surgiu a preocupação com os aspectos psicológicos e sociais, a medicina passou a se aprofundar mais em relação às terapias feita com animais. A partir de então a doença que antes era tratada somente com medicamentos, passa a ser tratada com terapias, tratamentos alternativos, investigação da vida social, hábitos, gostos da vida do paciente. Percebe-se então que todo meio externo e psicológico contribui para o aparecimento e desenvolvimento de uma enfermidade (ALVES, 2012).

Alves (2012) diz que os primeiros registros de usar a terapia com animais em um artigo escrito por James Bossard em 1944, onde tratava o papel do animal doméstico na família.

Outra pesquisa relevante foi na década de 60, feita pelo psicólogo Boris Levinson, dentre seus artigos "O cão como co-terapeuta", descreveu experiências com seus pacientes na sua maioria crianças que teria reconhecido a melhora no desenvolvimento delas após o contato com o animal de estimação (ALVES, 2012).

Martins (2004) descreve que Boris Levinson desenvolveu a Psicoterapia Facilitada por Animais, utilizada no tratamento de transtornos de comportamento, déficit de atenção e problemas de comunicação em crianças.

Em 2000, foi fundada a Organização Brasileira de Interação Homem-Animal Cão Coração, que promove o Projeto Cão do Idoso. Tal atividade é aplicada em casas de repouso ou abrigos com a finalidade de melhorar a qualidade de vida, o bem-estar, integridade e respeito ao idoso (MARTINS, 2004).

## 2.4 RECOMENDAÇÕES RELACIONADAS À TAA

A *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) e o Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC), apresentam recomendações relacionadas à TAA, subdivididas em três partes: a) quanto ao Animal; b) quanto ao Paciente; c) quanto à Coordenação do Programa e Equipe de Saúde de TAA (HICPAC, 2003).

a) Quanto ao Animal: deve realizar avaliação veterinária periódica e apresentar certificado de saúde; realizar tratamento antiparasitário intestinal periodicamente; não ser portador de Salmonella SP, Campylobacter SP e Giárdia intestinal, ou até que sejam tratados e tenham teste negativo para as mesmas; ser selecionado e treinado por profissionais; os banhos devem ser realizados previamente às visitas, isto é, em menos de 24 horas; as tosas devem ser periódicas, conforme o tipo e a raça do cão; não pode ter contato com outros animais da rua; deve ter a avaliação, a aprovação e a autorização da Comissão de Infecção Hospitalar.

b) Quanto ao Paciente: deve concordar em receber a visita do animal (os menores de idade devem ter a autorização prévia dos pais ou responsável); não é recomendada a participação de pacientes que apresentem fobia por animais, além dos que forem imunocomprometidos, esplenectomizados, neutropênicos, ou apresentarem alergias e problemas respiratórios; evitar maltratar o animal, induzindo-o a uma resposta violenta; realizar a higiene das mãos após o contato com os animais; evitar que o animal lamba a pele, feridas ou dispositivos; evitar o contato com a saliva, urina e fezes do animal; informar qualquer acidente como mordidas, arranhões ou alteração de comportamento do animal à coordenação do programa e à Comissão de Controle de Infecção da Instituição. A área da mordida, do arranhão ou de qualquer outro acidente deverá ser prontamente higienizada, conforme orientação da equipe de saúde do local.

c) Quanto à Coordenação do Programa e Equipe de Saúde: é recomendável a concordância prévia do corpo clínico responsável pela unidade hospitalar onde se pretende implantar a TAA; não se recomendam visitas em unidades de terapia intensiva, no entanto, alguns pacientes crônicos e conscientes, além da equipe de saúde, poderão beneficiar-se da TAA; limitar o acesso dos animais nas áreas de preparação de alimentos e medicação, lavanderia, central de esterilização e desinfecção, sala de cirurgia e de isolamento; as visitas deverão ocorrer junto ao treinador e a um profissional da equipe de saúde.

## 2.5 CÃO TERAPEUTA

Segundo Dotti (2005), o tamanho do cão terapeuta é variável, desde que sejam dóceis, pacientes e reativos aos praticantes, bem como a vacinação e a vermifugação devem sempre estar em vigor, assim como limpeza de patas, pêlos, orelhas, olhos e boca.

De acordo com Teixeira (2015), um dos pré requisitos demandados a um animal que se tornará um terapeuta é que ele seja calmo o suficiente para suportar o toque e o manuseio humano, por pelo menos uma sessão (entre quarenta e cinco minutos até três horas), mas nem todos os animais dóceis e calmos "aceitam" ou "aguentam" a tarefa de sustentar por um determinado tempo a performance demandada para tal ofício. Será necessário conhecer o animal para também conhecer seus limites físicos e psicológicos e saber a hora de parar.

Os adestradores que avaliam e escolhem os cães para a terapia com animais precisam levar em consideração o quanto o animal está sociabilizado e se ele tem um bom comportamento. O "cachorro sociabilizado" é aquele que

conviveu desde cedo com outros cães e com as pessoas, ele não apresenta a reação de estranheza. O bom comportamento vem do ensino de coisas simples, como os comandos senta, quieto, entre outros (ALVES, 2012).

O cão, assim como a pessoa, quando estabelece uma relação, cria formas de comunicação, expressa sentimentos, dores, angústias, alegrias, satisfações e desaprovação. Por isso, muitas vezes, o cão é um dos animais mais indicados e utilizados em terapias com animais (PEREIRA, 2017).

## 3 CONCLUSÃO

A importância dos animais na sociedade não tem limites. A interação homem-animal desde o começo dos tempos sempre trouxe benefícios. Eles estão sempre prontos e dispostos a ajudar, então cabe a nós humanos cuidar desses "terapeutas" tão dedicados, respeitando e protegendo das atrocidades cometidas pelo próprio homem com criaturas tão inteligentes e importantes para nossa sociedade.

Há evidências que a terapia em questão pode tornar-se uma tecnologia efetiva para promoção da saúde das pessoas mais necessitadas. Embora ainda sejam necessários estudos nessa área, é notória a compreensão de que a terapia assistida por cães oferece diversos benefícios e possibilita aos profissionais que trabalham direto com os necessitados fortalecer a comunicação, integração e formação do vínculo entre o profissional e paciente, tão importantes para o cuidado humanizado.

O tema Cão Terapeuta ainda está em construção, pois as pesquisas e descobertas estão em constante andamento, mas de uma maneira clara, as referências bibliográficas sobre este assunto são desconhecidas e novas, e passa a informar ao público um pouco mais sobre essa opção de terapia.

Acredita-se que os cães são nossos companheiros nesta vida e hoje podemos dizer isso devido às experiências pessoais e através dos estudos realizados. A relação entre homem e cão é fascinante. Os cães nos vêem como amigos e por isso que é nosso dever tratá-los de um jeito humano: conversando, ensinando e amando.

## 4 REFERÊNCIAS

ALVES, L. L. **Espaço Terapia Assistida por Cães**. Trabalho de Conclusão de Curso. PUC-SP. 2012. Disponível em: <https://espacotacaes.wordpress.com/>. Acesso em: 15/08/2018.

AYRES, N. **Animais que curam.** Grupo Gazeta de comunicações. Disponível em: <http://www.gazetadigital.com.br/conteudo/show/secao/161/materia/514756/t/pets-mandam-bem-como-terapeutas-e-ajudam-no-tratamento-de-doencas>. Acesso em: 23/08/2018.

BROOM, D.M. **Indicators of poor welfare**. British Veterinary Journal, v.142, 1986.

CAPRILLI, S.; MESSERI, A. **Animal-assisted activity at A. Meyer Children's Hospital: a pilot study**. Evid Based Complement Alternat Med, 2006. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1513141/pdf/nel029.pdf>. Acesso em: 24/08/2018.

CHITIC, V.; RUSU, A. S.; SZAMOSKOZI, S. **The effects of animal assisted therapy on communication and social skills: a metaanalysis.** Transylvanian J Psychol. 2012. Disponível em: <http://connection.ebsc ohost.com/c/articles/79980461/effects-animal-assisted-th erapy-communication-social-skills-meta-analysis>. Acesso em: 24/08/2018.

DOTTI, Jerson. **Animais & Terapia**. São Paulo: Editora Noética. 2005.

ESTEFAN, V. **Serotonina: a substância do bem-estar e da felicidade**. Disponível em: <https://www.dicasdemulher.com.br/serotonina/>. Acesso em: 23/08/2018.

FINE, A. H. **Handbook on Animal Assisted Therapy: theoretical foundations and guidlines for practice**. London. Ed. Elsevier. 2010.

FLECK, M. P. A.; LOUZADA, S.; XAVIER, M.; CHACHAMOVICH, E.; VIEIRA, G.; SANTOS, L.; PINZON, V. **Aplicação da versão em português do instrumento de avaliação de qualidade de vida da Organização Mundial da Saúde**. Revista de Saúde Pública. v. 33, 1999.

FRIEDMANN, E. **The value of pets for health and recovery in: Waltham Symposium**. 1st European Congress of the British Small Animal Veterinary Association, Cheltenham, England: BVA Publications, 1990.

GODDARD, A. T; GILMER, M. J. **The Role and Impact of Animals with Pediatric Patients**. Pediatr Nurs. 2015 Disponível em: <http://www. ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26292453>. Acesso em: 23/08/2018.

HICPAC. Guidelines for environmental Infection Control in Healthcare Facilities. **Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Pratics Advisory Committee**. U.S. Department of Health and Human Service Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Atlanta: Centers for Disease Control, 2003.

KRUGER, K. **Livro de bolso do WALTHAM® sobre interações entre humanos e animais**. WALTHAM, 2012. Disponível em: <https://www.waltham.com/dyn/_assets/_pdfs/waltham-booklets/MAR_Folleto_Waltham_Human_Animal_Interactions_POR.pdf >. Acesso em: 15/08/2018.

MARTINS, M.F. **Zooterapia ou terapia assistida por animais (TAA).** Rev. Nosso Clínico, 2004.

NIGHTINGALE, F. **Notas sobre a enfermagem: o que é e o que não é**. São Paulo: Cortez; 1989.

ODENDAAL, J. S. J. **Animal - Assisted Therapy - Magic or Medicine**? Journal of Psychosomatic Research. v. 49, 2000.

PEREIRA, G.S.F **Cinoterapia e terapia assistida por cães: sinônimos de inclusão social.** Dissertação de Pós-Graduação Stricto Sensu. Unicruz-RS 2017. Disponível em: <https://home.unicruz.edu.br/wp-content/.../gabriela-severo-fagundes.pdf>. Acesso em: 10/09/2018.

PUCCI, Joely. **Hormônios do bem-estar e prazer.** Disponível em: <https://radioboanova.com.br/hormonios-bem-estar-e-prazer-2/>. Acesso em: 13/09/2018.

SAN JOAQUÍN, M.P.Z. **Terapia asistida por animales de conpañia**. Bienestar para el ser humano, Temas de Hoy, 2002.

SCHOLZE, M. **10 benefícios dos pets à saúde e ao bem-estar humano.** iG São Paulo. 2013. Disponível em: <https://saude.ig.com.br/minhasaude/2013-04-20/10-beneficios-dos-pets-a-saude-e-ao-bem-estar-humano.html>**.** Acesso em: 24/08/2018.

TEIXEIRA, I.S. **A terapia assistida por animais como uma forma de associação: um estudo antropológico sobre a relação humano animais na promoção da saúde humana, no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRGS-RS 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/179467/001067032.pdf?sequence>. Acesso em: 10/08/2018.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EQUOTERAPIA

**Ricati Lima Majewski**
**Bruno Kowalski**
**Amito José Teixeira**
**Daniela dos Santos de Oliveira**
**Mauro Antônio de Almeida**

URI- Campus I. Av Sete de Setembro- Erechim RS.
ricatimajewski@yahoo.com.br

***Resumo:*** *A equoterapia vem sendo utilizada como forma alternativa de tratamento terapeutico, gerando inúmeros benefícios físicos, psíquicos e mentais na vida dos participantes, em sua maioria, mas não totalidade, formados por pessoas com deficiências e ou necessidades especiais. Através do cavalo, em uma abordagem interdisciplinar, envolvendo educação, saúde e equitação, excelentes resultados são verificados pelos participantes e profissionais envolvidos. Este método conta e necessita com a participação de profissionais de diferentes áreas, como pedagogos, terapeutas, fisioterapeutas, instrutor de equitação e do médico veterinário que deverá se integrar a equipe e exercer um papel central durante o processo. Para isso, deverá passar por uma especialização e estar preparado, sem abrir mão das constantes atualizações sobre o tema, sobretudo no que diz respeito à integridade do animal. O médico veterinário deverá desempenhar múltiplas funções, como orientar os outros profissionais sobre questões relacionadas ao animal, como idade, aprumo, temperamento, postura, como se relacionar com o mesmo, além de cuidar da saúde do equino. A presença do profissional da medicina veterinária nos centros de Equoterapia é fundamental para o sucesso deste método que vem ganhando mais adeptos. Este artigo demostra a importância desta terapia e mais ainda focar no quão importante é a participação do médico veterinário nesse novo segmento do uso do cavalo.*

***Palavras chave:*** *Equoterapia; Médico veterinário; Cavalo.*

## 1. INTRODUCÃO

O cavalo é utilizado como recurso terapêutico para o desenvolvimento biopsicossocial de pessoas portadoras de deficiência ou de necessidades especiais ou não. Na equoterapia o cavalo é utilizado como meio de se alcançar os objetivos terapêuticos. Ela exige a participação do corpo inteiro, de todos os músculos e de todas as articulações. O uso deste animal como forma de terapia data de 400 A.C., quando Hipócrates utilizou-se do cavalo para "regenerar a saúde" de seus pacientes, e desde 1969 a NARHA (Associação Americana de Hipoterapia para Deficientes) vem divulgando na América do Norte o método, que, na Europa, já é conhecido a mais de 20 anos. No Brasil, a partir dos anos 70, quando foi criada a ANDE - Brasil (Associação Nacional de Equoterapia) o tratamento tomou maior impulso, mas somente nos últimos seis anos é que se pode notar o verdadeiro crescimento desta modalidade terapêutica, haja visto o número crescente de centros de equoterapia em todo território nacional sendo reconhecida como método terapêutico em 1997 pela Sociedade Brasileira de Medicina Física e Reabilitacional e pelo Concelho Federal de Medicina.

O movimento rítmico, preciso e tridimensional do cavalo, que ao caminhar se desloca para frete/trás, para os lados e para cima/baixo, pode ser comparado com a ação da pelve humana no andar, permitindo a todo instante entradas sensoriais em forma de propriocepção profunda, estimulações olfativa, visual e auditiva. A técnica tem como objetivo proporcionar ao portador de necessidades especiais o desenvolvimento de suas potencialidades, respeitando seus limites e visando sua integração na sociedade, proporcionando ao praticante benefícios físicos, psicológicos, educativos e sociais.

A equoterapia é baseada na prática de atividades eqüestres e técnicas de equitação, sendo um tratamento complementar na recuperação e reeducação motora e mental. Na parte física, o praticante da equoterapia é levado a acompanhar os movimentos do cavalo, tendo que manter o equilíbrio e coordenação para movimentar simultaneamente tronco, braços, ombros, cabeça e o restante do corpo, dentro de seus limites. O movimento tridimensional do cavalo provoca um deslocamento do centro gravitacional do paciente, desenvolvendo o equilíbrio, a normalização do tônus, controle postural, coordenação, redução de espasmos, respiração, e informações proprioceptivas, estimulando não apenas o funcionamento de ângulos articulares, como o de músculos e circulação sanguínea.

Durante toda sessão, as terapeutas estimulam a auto - confiança, auto - estima, fala, linguagem, função tátil, lateralidade, cor, organização e orientação espacial e temporal, memória, percepção visual e auditiva, direção, analise e síntese, raciocínio, e vários outros aspectos. Na esfera social, a equoterapia é capaz de diminuir a agressividade, tornar o paciente mais sociável, melhorar sua auto - estima, diminuir antipatias, construir amizades e treinar padrões de comportamento como: ajudar e ser ajudado, encaixar as exigências do próprio indivíduo com as necessidades do grupo, aceitar as próprias limitações e as limitações do outro.

A equoterapia é indicada no tratamento dos mais diversos tipos de comprometimentos motores, como paralisia cerebral, problemas neurológicos, ortopédicos, posturais; anomalias mentais, como a Síndrome de Down, comportamentos sociais alterados, tais como: distúrbios de comportamento, autismo, esquizofrenia, psicoses; comprometimentos emocionais, deficiência visual, deficiência auditiva, problemas escolares, tais como distúrbio de atenção, percepção, fala, linguagem, hiperatividade, e pessoas "saudáveis" que tenham problemas de posturas, insônia, stress.

O paciente em tratamento conta com o acompanhamento de uma equipe interdisciplinar formada por profissionais da área da saúde: Fonoaudióloga, Fisioterapeuta, Psicóloga, Terapeuta Ocupacional; da área educacional: psicopedagoga, professor de educação física, assistente social; e do trato animal: instrutor de equitação, médico veterinário, auxiliar guia, e tratador. O praticante é avaliado pela equipe e a partir disso é elaborado um programa especial e definido os seus objetivos. As sessões são normalmente individuais e tem a duração média de 30 minutos cada. A Equoterapia é um dos raros métodos, ou melhor, talvez o único, que permite que o paciente vivencie muitos acontecimentos ao mesmo tempo e no qual as ações, reações e informações são bastante numerosas. Sendo assim, um dos aspectos mais importantes nesse tipo de tratamento é que se conscientiza crianças e jovens de suas capacidades e não de suas incapacidades, trabalhando o deficiente como um todo, tanto pelo lado psíquico como pelo somático. Este artigo demostra a importância desta terapia e mais ainda focar no quão importante é a participação do médico veterinário nesse novo segmento do uso do cavalo.

## 2. METODOLOGIA

Equoterapia é um método terapêutico que utiliza o cavalo dentro de uma abordagem interdisciplinar nas áreas de saúde, educação e equitação, buscando o desenvolvimento biopsicossocial de pessoas com deficiência e/ou com necessidades especiais. Emprega o cavalo como agente promotor de ganhos a nível físico e psíquico. Esta atividade exige a participação do corpo inteiro, contribuindo, assim, para o desenvolvimento da força muscular, relaxamento, conscientização do próprio corpo e aperfeiçoamento da coordenação motora e do equilíbrio. A interação com o cavalo, incluindo os primeiros contatos, os cuidados preliminares, o ato de montar e o manuseio final desenvolvem, ainda, novas formas de socialização, autoconfiança e autoestima.

### 2.1 Programas Básicos de Equoterapia

2.1.1. Hipoterapia e reabilitação

É o método terapêutico e educacional que utiliza os andamentos do cavalo, com o objetivo de desenvolvimento psicossocial recurso para crianças e indivíduos com necessidades educativas especiais, entre eles deficientes físicos, atraso mental, autismo, entre muitas outras patologias.

2.1.2. Educação/Reeducação

Programa que pode ser aplicado tanto na área de saúde quanto na de educação/reeducação. Neste caso o praticante tem condições de exercer alguma atuação sobre o cavalo e pode até conduzi-lo, dependendo em menor grau do auxiliar-guia e do auxiliar lateral.

2.1.3. Pré-Esportivo

Pode ser aplicado nas áreas de saúde ou educativa. O praticante tem boas condições para atuar e conduzir o cavalo e embora não pratique equitação, pode participar de pequenos exercícios específicos de hipismo, programados pela equipe.

2.1.4. Prática Esportiva Paraequestre

Programa tem como finalidade preparar a pessoa com deficiência para competições para eqüestres com os seguintes objetivos, prazer pelo esporte enquanto estimulador de efeitos terapêuticos; melhoria da autoestima, autoconfiança e da qualidade de vida; inserção social; preparar atletas de alta performance.

### 2.2 Praticante de Equoterapia

É o termo utilizado para designar a pessoa com deficiência/necessidades especiais ou não quando em atividade equoterápica. Nesta situação, o sujeito do processo participa de sua reabilitação, na medida em que interage com o cavalo. A senciência do cavalo, é a capacidade que ele tem de sentir conscientemente algo, ou seja, de estar consciente do que acontece ao seu redor (MOLENTO, 2006). É comprovado cientificamente que os animais são seres sencientes e possuem a capacidade de experimentar sentimentos bons e ruins. Quem convive com cavalos percebe facilmente que eles preferem situações que lhes tragam prazer e evitam situações que lhes causem medo e sofrimento (DUNCAN e PETHERICK, 1991; BROOM e MOLENTO, 2004).

Temos a obrigação moral de tratar e manter os equídeos de forma mais próxima ao seu ambiente natural, evitando seu sofrimento e visando o seu bem-estar. A partir de uma preocupação da sociedade pós-guerra, foram estabelecidas as "Cinco Liberdades", que funcionam como fundamentos para as diversas formas de criação e manejo dos animais de produção; são elas: liberdade de fome e sede, liberdade de medo e ansiedade, liberdade de desconforto, liberdade de ferimentos, dor e doenças e liberdade para expressar o seu comportamento natural (Farm Animal Welfare Council, 2009). Entretanto, estas são diretrizes gerais e as características específicas das espécies indicam mais precisamente quais são as necessidades a serem atendidas e os erros de manejo que devem ser evitados.

É preciso saber avaliar o grau de bem-estar animal para melhorarmos a qualidade de vida dos cavalos e consequentemente, a relação entre humanos e cavalos. Atualmente, tem-se estudado formas diretas e indiretas de avaliação do bem-estar de diferentes espécies por meio de indicadores físico-comportamentais (diretos) e ambientais (indiretos). Esses indicadores específicos estão sendo mais valorizados por pesquisadores e proprietários, por considerarem além das necessidades básicas do animal para uma vida regular (SILVA, 2014).

Os indicadores diretos avaliam o estado de saúde, a expressão das emoções, dos comportamentos naturais, as reações positivas e negativas para as diversas situações às quais os animais são submetidos diariamente. Os indicadores indiretos são aqueles relacionados ao ambiente, constatações que possam interferir no bem - estar dos cavalos: a infraestrutura (instalações, equipamentos e recursos), o sistema de manejo (práticas, procedimentos e rotinas) e os recursos humanos envolvidos (quem são e como essas pessoas desempenham suas funções com os animais). A Equoterapia é um método terapêutico que utiliza o cavalo, as técnicas de equitação e as práticas equestres, dentro de uma abordagem interdisciplinar nas áreas de equitação, saúde e educação, buscando o desenvolvimento biopsicossocial de pessoas portadoras de deficiência ou de necessidades especiais.

O reconhecimento deste belíssimo trabalho se deu muito recentemente no Brasil, pelo Conselho Federal de Medicina - CFM em 6 de Abril de 1997, Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional – COFFITO em 27 de Março de 2008 e pela Secretaria de Educação do Distrito Federal – SEDF em Brasília.

### 2.3 O Porquê de se Utilizar o Cavalo

Sabe-se há centenas de anos que o cavalo, além de poder auxiliar na reabilitação motora das pessoas, é extremamente benéfico para desenvolver os aspectos da afetividade, autoconfiança, socialização e concentração. O cavalo é também larga e efetivamente utilizado na área da educação, esporte e lazer de pessoas portadoras de necessidades especiais. É sempre bom ter em mente que para a prática da equoterapia não há limites de idade e que, além dos portadores de deficiência física, intelectual e social, também pessoas com stress, que vivem em espaços restritos, que não podem se beneficiar do contato com a natureza, agressivas, inseguras, etc.

Graças aos esforços de várias pessoas e da ANDE- Brasil, a Equoterapia é hoje uma prática regulamentada, com requisitos mínimos e nome registrado, sendo inclusive reconhecida pelo Conselho Federal de Medicina. Já é também incluída em alguns planos de saúde. E, aos poucos, aqueles que se dedicam à equoterapia (pessoas e entidades) começam a trabalhar o mais dentro das normas possíveis, para que tenham o benefício do uso da nomenclatura "Equoterapia", respaldo legal, coberturas dos seguros de saúde, etc.

### 2.4 A escola do Cavalo

Os cavalos de equoterapia devem ser criteriosamente selecionados e treinados para darem aos praticantes o máximo das sensações e benefícios que necessitam. Dependendo da demanda, é preciso que tenhamos vários cavalos à disposição, pois as pessoas têm necessidades diferentes e, normalmente, um só animal não atende a todas elas. Esses animais podem ser montados e adestrados normalmente, podendo, inclusive, participar de competições ou trabalhos, mas devem necessariamente ter um treinamento específico para a prática da equoterapia.

A docilidade é o pré-requisito básico e mais importante para a prática. Estes animais têm de ser incondicionalmente mansos, tolerando toques e movimentos bruscos, fortes ou extremamente leves por todo o corpo, objetos arremessados em sua direção, objetos se movimentando ao seu redor, sobre e sob o seu corpo, gritos e tudo mais que pudermos imaginar.

A morfologia, conformação ou fenótipo do cavalo é outra característica que devemos observar, pois nos dá uma gama variadíssima de opções e nos faz decidir pelo animal adequado para cada praticante. Como exemplo, podemos

citar: - animais altos ou baixos podendo variar em função do praticante ser uma criança ou adulto, com ou sem lesões físicas, se necessita ou não de ajuda para se manter no cavalo, se existe risco ou não de se jogar do animal, se vamos ou não montar junto, etc; - animais de dorso estreito ou de dorso mais largo provocando menor ou maior abertura das pernas do praticante, maior ou menor conforto no cavalgar, maior ou menor relaxamento, maior ou menor risco para uma eventual lesão ou sub-luxação já existente, etc.

Com relação à movimentação devemos analisar se o animal se movimenta com regularidade, se tem passadas grandes ou pequenas, sua freqüência, se reúne (engaja) muito ou pouco, se ao se movimentar apresenta com eficiência o movimento tridimensional, se o trote é macio ou mais duro, se apresenta movimentos parasitas, etc. A raça do animal de equoterapia não é de suma importância, principalmente porque há diferenças muito grandes dentro de cada raça. Devemos sim, procurar o indivíduo adequado para a prática. No entanto, as raças nos dão um indicativo de certas características básicas que se manifestam na maioria dos animais, como conformação básica, movimentação, temperamento, etc.

## 2.5 Saúde do Animal

Os animais utilizados para a equoterapia devem estar bem alimentados, com os programas de profilaxia em dia (vacinas, vermífugos, etc.), mantidos em boas condições de higiene, evitando doenças, para o bem estar e segurança dos praticantes. Por vezes, nos utilizamos de animais com idade avançada ou aposentados das pistas de competições, mas, ainda assim, é muito importante que não apresentem manqueiras, movimentação desigual dos membros, dores, etc.

O acesso a piquetes ou pastos é extremamente importante na manutenção dos animais proporcionando a sensação de liberdade, conservando a integridade mental, psicológica e o comportamento natural da espécie. É importante para a socialização com outros animais, apesar desta poder acontecer apenas eventualmente.

## 2.6 Treinamento do Cavalo

O treinamento do cavalo de equoterapia é de suma importância para que se possa dar aos praticantes todos os benefícios possíveis. É necessário que se tenha um profundo conhecimento do cavalo e de como adestrá-lo para poder beneficiar ao máximo os praticantes. Ao contrário do que muitas pessoas pensam, o animal de equoterapia não deve ser um animal letárgico, animal de saúde comprometida, sem personalidade, etc. Pode e deve ser montado e adestrado normalmente, podendo inclusive participar de competições ou trabalho. Não há dúvida que um animal destinado à equoterapia deve ser um animal extremamente bem domado, ou melhor, iniciado. Hoje existem profissionais que se especializaram neste setor do treinamento, por entenderem a sua importância.

Segue-se à doma um treinamento mais avançado, através do qual ensinaremos o cavalo a ter condições técnicas e físicas de executar quaisquer movimentos que o praticante esteja necessitando, em quaisquer condições. Como exemplo: espádua adentro (ambos os lados); passo pequeno (curto) e grande (largo), lento e rápido; maior ou menor movimento antero - posterior ou vertical; engajamento maior ou menor; impulsão maior ou menor; paradas e partidas precisas (lentas ou bruscas), dependendo das necessidades; possibilidade de ser conduzido na guia curta, média ou longa, charreteado, etc; trote lento e rápido, curto ou longo; possibilidade de ser facilmente montado e guiado por qualquer pessoa, mesmo as com pouco conhecimento de equitação.

## 2.7 Equipamentos e Assessórios

Deve-se ter conhecimento específico e técnico para poder decidir sobre os equipamentos, ajustes e acessórios a serem utilizados para cada praticante, dependendo de suas necessidades especiais, segurança, tipo de animal, etc.

## 2.8 Manejo e Manutenção do Cavalo

O cavalo é um animal que exige muita atenção, dedicação e cuidados regulares, não só para se manter em forma, como também para se manter saudável. Saber quais são os cuidados com o cavalo para que ele tenha uma vida longa, ativa e feliz. Para cuidar corretamente de um cavalo, é necessário realizar uma série de tarefas de limpeza e de manutenção que vão garantir o máximo conforto e bem-estar do animal. O cavaleiro precisa de aprender a alimentar, a abrigar, a limpar e a tratar do seu animal para que ele se sinta sempre protegido e em casa. Assim sendo, é necessário ter em conta os aspetos seguintes:

### 2.8.1 A alimentação do cavalo

Alimentação adequada e variada de acordo com a sua raça, idade e atividade. Se o animal não for bem alimentado, ele pode sofrer de anemia ou ficar obeso. Para que tal não aconteça, o cavalo deverá seguir uma dieta simples e equilibrada com feno, mistura de grãos (ração), sais minerais e aveia limpa, que são ótimos ingredientes para a alimentação podendo reduzir o aparecimento de cólicas. Também é aconselhável que exista um campo de boas

dimensões para que os cavalos se movimentem e pastejem à vontade além de água limpa e fresca para se refrescarem e as cocheiras não devem ter cheiros ou moscas.

2.8.2 A limpeza e a escovação do cavalo

A limpeza do cavalo é um dos cuidados principais que um cavaleiro deve ter com o seu animal. Ela deve ser efetuada antes e depois de montar o cavalo e num local bem iluminado. Ao fazê-lo, o animal sentir-se-á mais acarinhado e protegido e isso vai aprofundar a relação de confiança entre o cavaleiro e o cavalo. Também é de realçar que uma limpeza diária é uma boa forma de verificar a condição do pelo e cascos do cavalo.Para que o cavalo tenha sempre um pelo brilhante, é aconselhável que ele seja escovado antes e depois de cada cavalgada. Ao fazê-lo, estará removendo a sujidade do animal (lama e suor), a massageando o seu corpo, e liberando a tensão dos seus músculos e ativando a circulação sanguínea. Utilize uma corda (escova com pelo duro) para escovar o pelo, a crina e a cauda, mas nunca se posicione atrás do animal, pois este pode assustar-se e dar coices. As escovas de borracha também são uma excelente opção para a escovagem, uma vez que as escovas de metal podem machucar o animal e as de plástico podem desenvolver bicos devido à fricção. Enquanto escova o cavalo, procure lesões, inchaços, cortes ou qualquer tipo de anomalia que o possa estar incomodando. Tenha atenção com a área da barriga, que é uma das mais sensíveis e, como tal, o cavaleiro deve ser muito cuidadoso na sua escovagem.

2.8.3 Cuidados com os cascos do cavalo

Devem ser aparados e limados a cada 6 semanas. Este é um trabalho que deve ser feito por um ferreiro especializado, de forma a não ferir o animal. No caso de usar ferraduras, estas também precisam ser removidas num período de 6 semanas para verificar se os cascos precisam de ser aparados. É aconselhável que o cavaleiro lave cuidadosamente cada um dos cascos no final de cada passeio para ver se estes apresentam algum tipo de lesão ou ferimento.

2.8.4 A vermifugação e a vacinação e o cuidado dentário do cavalo

Os cavalos são animais de alto porte que precisam ser vermifugados 4 a 6 vezes por ano. Contudo, este tratamento depende da utilização que é dada ao cavalo, do seu local de descanso, da sua alimentação e do contacto que ele mantém com os outros animais. Por outro lado, também é de destacar que todos os cavalos precisam ser vacinados pelo menos uma vez por ano durante a estação da primavera. Para saber qual é a vacina mais apropriada, é preciso informar-se junto de um veterinário, pois a idade, a raça, a resistência, a época do ano e a saúde geral do animal são critérios que exercem influência sobre as doenças infecciosas que possam afetar o animal. À semelhança das pessoas, os cavalos precisam ter dentes fortes e saudáveis para não surgirem problemas relacionados com a sua dentição. Como tal, e para que a saúde dentária nunca esteja comprometida, é necessário deslocar-se ao veterinário pelo menos uma vez por ano para inspecionar os dentes.

2.8.5 O estábulo dos cavalos

Precisa ser bem cuidado para que o animal esteja o mais confortável possível. Trata-se de um abrigo que protege os cavalos das condições climáticas desfavoráveis e oferece uma área limpa e seca para eles se deitarem. O cavaleiro deve utilizar aparas de madeira (maravalha) ou palha para forrar o chão e deve ter sempre à mão um ancinho e um balde vazio para manter o estábulo em ótimas condições (seco e limpo). No entanto, é de realçar que um cavalo não precisa do estábulo para viver, pois ele consegue viver num ambiente natural onde é livre para se movimentar, pastar e socializar.

2.8.6 O exercício do cavalo

No seu estado selvagem, o cavalo percorre longas distâncias e corre muitos quilômetros por dia para obter comida. Já em cativeiro, ele é privado do seu comportamento natural, mas isso não significa que não precise de exercício. Os cavalos precisam fazer exercício físico para se manterem saudáveis e em forma. A solução mais apropriada seria que o seu cavalo tivesse um campo de grandes dimensões onde pudesse correr, exercitar-se e pastar livremente.

## 2.9 A Aplicção da Equoterapia dos mais Variados Segmentos da Saúde

Preparado o cavalo, analisadas as necessidades do paciente e depois de se cercar de toda segurança e profissionais preparados para o seguimento da equoterapia, ela pode ser aplicada ou ministrada nas mais variadas enfermidades. Existem hoje, relatos deste tratamento sendo aplicado a uma gama enorme de casos. Eis alguns exemplos

segundo (MEDEIROS & DIAS, 2002), Portadores de Síndrome de Dow; Pacientes de Alzheimer; Pacientes Autistas; Pacientes Para/tetraplégicos; Pacientes de alguns tipos clínicos de paralisia cerebral; Déficits sensoriais; Atraso maturativo; Síndromes neurológicas; Pacientes de Acidente vascular cerebral; Traumatismo cranioencefálico; Pacientes com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH); Pacientes em Tratamento da dependência Química; Uso na Terceira Idade ou ainda como forma de Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Em entrevista com familiares ou responsáveis, são colhidas informações sobre as vivências anteriores e as dúvidas são esclarecidas. Após o trabalho de avaliação do cliente, realizada pelos profissionais da equipe do centro de equoterapia, estudam-se as possibilidades de tratamento, sem transferir a responsabilidade profissional, compartilha-se a tomada de decisão. Obtendo-se consentimento para trabalhar com a pessoa, reforça-se a necessidade de real engajamento de todos e se define o cronograma de atendimento. Devem ser garantidos, ambiente de segurança física e emocional, qualidade técnica, ética e moral da equipe do centro de equoterapia, para que toda a intervenção seja para o bem da pessoa. Quando há uma situação conflitante, o que desconcerta os envolvidos, é preciso se refletir sobre as justificativas para a decisão tomada. A fala dos profissionais nestas ocasiões, deve ser de esclarecimento e não de imposição aos demais, apontando com realismo e pesando as consequências na circunstância concreta. Não pode haver um padrão de comportamento rígido, há que se ver a diversidade e multiplicidade de opções e escolher a de menor risco, de maior benefício para o praticante.

### 2.10 Objetivos Da Equoterapia

Os objetivos da Equoterapia, segundo Buchene e Savini (2004, apud FREIRE, 1999) são: Melhorar padrões anormais através de padrões patológicos; Melhorar o conhecimento do esquema corporal; Melhorar postura como um todo, normalizando o tônus corporal; Estimular equilíbrio; Melhorar a coordenação espaço-temporal; Educar o sistema nervoso sensorial, propriocepção e exterocepção; Manter articulações íntegras e dentro da normalidade; Realizar reeducação respiratória; Introduzir movimentos e posturas inibidoras dos reflexos; Relaxamento; Desenvolver motivação, autoconfiança e autovalorização, que são de extrema importância para o sucesso dos outros objetivos citados. As benéfices dos tratamentos são reais, observadas as circunstâncias de caso a caso, os profissionais que trabal ham com a Equoterapia, podem enriquecer ainda mais esse recurso de tratamento, se desenvolverem um trabalho de orientação com os pais ou acompanhantes e os inserirem mais no processo. O acompanhamento destes as sessões de Equoterapia é uma particularidade que facilita a adesão ao tratamento, além de proporcionar melhorias nas relações interpessoais familiares e garantir continuidade do tratamento com incentivos e gosto pelo recurso tão benéfico aos pacientes.

Se faz necessária a divulgação neste trabalho – a Equoterapia – dos benefícios aos pacientes deste recurso valioso. Para despertar o interesse público e privado sobre a importância do apoio a iniciativas como as que são desenvolvidas por centros de equoterapia que prestam o atendimento aos mais variados casos, haja visto toda gama de benefícios envolvidos.

A reabilitação de pessoas com deficiências e ou problemas, não só irá colaborar para que se efetive uma politica de direitos humanos, geradora de oportunidades educacionais e principalmente de bem estar, mas servirá também para nivelar todos os cidadãos com deficiências ou não contribuindo assim para a inclusão desses.

## 3. REFERÊNCIAS

Apostila da Associação Nacional de Equoterapia – ANDE – Brasil.

Araujo, T. B.; SILVA, N. A., Costa, Juliana N., Pereira, M. M., Safons, M. P., 2011. ” *Efeito da equoterapia no equilibrio postural de idosos*”. Revista Brasileira de Fisioterapia São Carlo, V. 15 n. 5

Barbosa G., M. M., 2011. Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), CNPq. *“Equoterapia: implicações nos aspectos psicomotores de crianças com tdah*”. VII Encontro Da Associação Brasileira De Pesquisadores Em Educação Especial. ISSN 2175-960X – Pg. 2926-2937.

Lessick, M., Shinaver, R., Post, K. M., Rivera, J.E., Lemon, B., 2004. “*Equitação terapêutica: explorando esta terapia alternativa para as mulheres com deficiência*”. AWHONN Lifelines.

Medeiros, M.; D., E., 2003. *“Distúrbios da aprendizagem: a equoterapia na otimização do ambiente terapeutico*”. Rio de Janeiro: Revinter.

Meneghetti C., P. C., Iwabe C, Poletti S., 2009. “*Intervenção da equoterapia no equilíbrio estático de criança com Sindrome de Down*”. Rev Neurocienc. 17(4):392-6.

Pegoraro O. A., 2002.” Ética e Bioética – Da subsistência à existência”, Petrópolis, RJ: Vozes, p.75.

Rosa, C. S. A., 2013. “*Equoterapia como Terapia Complementar no Tratamento da Dependência Química*”. Equoterapia: Fundamentos Científicos. São Paulo. Ed. Atheneu.

Souza V., Aquino G., Silva A., 2011. “*Psicologia e equoterapia: conhecendo as dificuldades enfrentadas pelos cuidadores dos praticantes*”. Revista Científica Da Faminas. Set/Dez:7(3):126-40.

CONIGTI

# Educação Física: Desenvolvimento Humano, Saúde e Educação

REALIZAÇÃO:

URI
ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# OLIMPISMO E METANOIA: ESTRATÉGIAS PARA EQUIPES

**Carolina Pacheco da Silva**
**Bruno Felipe Assoni Faleiro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
carolinapachecods.cpds@gmail.com
**José Luís Dalla Costa**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
jlninodc@gmail.com

***Abstract.*** *O presente trabalho consiste em relacionar as filosofias do Olimpismo e da Metanoia com o objetivo de contribuir com equipes, principalmente ligadas ao meio educacional, para que desenvolvam estratégias e aprimorem os processos de construção de valores como Respeito, Amizade e Excelência. O Olimpismo, ou a filosofia olímpica de vida, utiliza o esporte como instrumento para a promoção da paz, da união e do respeito por regras e adversários. O objetivo é contribuir na construção de um mundo melhor, assegurando a prática esportiva como um direito de todos. Metanoia significa a ação de mudar de ideia ou pensamento, sendo que para esta alteração, tanto de modo racional, intelectual, emocional e espiritual, necessita-se da transformação profunda do indivíduo. Com o intuito de colaborar com equipes, a Metanoia entra como um mecanismo para que o Olimpismo seja tomado como um norte em um processo de cidadania de cada membro.*

***Keywords:*** *Olimpismo, Metanoia, Gestão, Equipes.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Olimpismo, ou a filosofia olímpica de vida, utiliza o esporte como instrumento para a promoção da paz, da união, e do respeito por regras, e adversários tendo como ideal a promoção do espírito coletivo. A Metanoia significa a ação de mudar de ideia ou pensamento, sendo que para esta alteração, tanto de modo racional, intelectual, emocional e espiritual, necessita-se de uma transformação profunda do indivíduo, quando este altera a sua consciência do mundo, seja expandindo-a ou limitando-a. Assim, a interpretação literal deste termo seria semelhante a mudar o próprio pensamento.

O Olimpismo é considerado uma filosofia de vida que visa a acesso a paz, a união, respeito às regras, onde sua composição abrange o esporte o meio ambiente e a cultura, tendo como objetivo único ajudar no desenvolvimento de um mundo melhor, fazendo com que o esporte abranja toda a população, tendo como miragem a participação das diferentes culturas, a educação, a busca pela excelência por intermédio do esporte, onde seus princípios baseiam-se na amizade, compreensão, igualdade, solidariedade e “fair play” (COB, s/d).

O objetivo do Olimpismo é colocar o esporte a serviço do homem, a partir da criação de um estilo de vida baseado na alegria do esforço físico e no respeito entre os cidadãos, contribuindo para o desenvolvimento do indivíduo e fortalecendo a compreensão e a união entre os povos (Carta Olímpica, 2004).

Os ideais do Olimpismo são: a participação em massa; a educação por intermédio do esporte; a promoção do espírito coletivo, do intercâmbio cultural e da compreensão internacional; e a busca pela excelência.

Baseado em tais ideais, surge o Movimento Olímpico, fundamentado na solidariedade para o desenvolvimento do mundo e na igualdade na ordem econômica, social e cultural. Um dos seus principais objetivos é oferecer aos jovens de todo o mundo a possibilidade de alcançar o alto nível esportivo, sem qualquer tipo de discriminação (Carta Olímpica, 2004).

Neste sentido vale ressaltar que o movimento desportivo tem estado ligado aos princípios ditados por Pierre de Coubertin e pelos pedagogos do século XIX, que fundamentado no modelo educacional inglês, estabeleceu o esporte como matéria incorporada nos currículos e no contexto educacional, difundia valores considerados olímpicos, porém imbuídos da moralidade aristocrática inglesa (cavalheirismo, liderança, valorização do esforço) (MÜLLER, 2000).

Metanoia significa deixar de seguir ou acreditar em determinada coisa para vivenciar um novo modo de enxergar a vida, já para a psicologia, a metanoia é a mudança do modelo mental do indivíduo, representando um processo de reforma da psique da pessoa onde a aprendizagem é a responsável por esta alteração, tanto de modo racional, intelectual, emocional e espiritual (PADILHA et. al, 2017).

Etimologicamente, a palavra metanoia se originou a partir do grego metanoein, formado a partir da união de metá, que significa "depois"; e νοῦς, que significa "pensamento" ou "intelecto". Assim, a interpretação literal deste termo seria semelhante a "mudar o próprio pensamento" (PADILHA et. al, 2017).

Seria mais fácil dizer que tudo acontece por meio de um processo de aprendizado capaz de transformar informações em conhecimentos. Conhecimento é uma palavra palatável, de utilidade inquestionável: aumenta o entendimento, amplia o raciocínio, expande o intelecto. Mas o conhecimento racional e intelectual é, ainda, apenas o verniz do que precisa ser transformado. Existem estados e níveis da mente que nem o racionalismo nem o intelecto alcançam (TRANJAN, 2011).

A mudança de modelo mental não se completa nem se basta com o aprendizado, um processo tecnicamente racional e intelectual.
O que produz mudança de modelo mental é um processo de aprendizagem. Sim, há diferença entre aprendizado e aprendizagem. Aprendizado, recordemos, é racional e intelectual. O intelecto se contenta com o aprendizado, mas a alma requer aprendizagem. Aprendizagem implica envolvimento emocional e espiritual e não se esgota com livros, textos e escutas. Requer experiência e todas as experiências mexem com as percepções e alteram a consciência.
Metanoia, portanto, em um nível mais profundo, significa expansão de consciência. É onde está a fonte da verdade, da confiança, da imaginação, da arte, da beleza, da fé, da bondade, da esperança, do amor, da compaixão e da maioria das coisas que dão significado à vida (TRANJAN, 2011).
Expandir a consciência é trazer tudo isso para a existência e os ganhos são incomensuráveis. Um nível mais elevado de consciência faz com que se enxergue abundância onde antes só se via escassez. Faz com que se veja o divino, onde antes tudo se limitava ao humano. Faz também com que se descubra milagres, onde antes só se vivia de fatos e acontecimentos.

## 2. METODOLOGIA

O presente estudo por meio de revisão bibliográfica tem como objetivo contribuir com equipes, principalmente ligadas ao meio educacional, relacionando a filosofia do Olimpismo com a Metanoia para que as pessoas deste âmbito desenvolvam estratégias e aprimorem os processos de construção de valores, neste caso, os Valores Olímpicos do Respeito, da Amizade e da Excelência.
Esta pesquisa, por ser de característica bibliográfica, foi feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros e artigos científicos (FONSECA apud GERHARDT e SILVA).

## 3. RESULTADOS

Seguindo a ideia da metanoia, para mudarmos de pensamento e evoluirmos como humanos e profissionais, é necessária uma aprendizagem para que ocorra esta alteração. Neste caso, o instrumento utilizado seria o Olimpismo, isto é, o grupo utilizaria a metanoia para incluir a filosofia do Olimpismo no seu meio de trabalho. Esta filosofia auxilia os membros a ter um melhor resultado nas atividades em conjunto, uma vez que um dos ideais do Olimpismo é a promoção do espírito coletivo. Além disso, a própria metanoia permite que o líder faça a empresa crescer por meio da transformação da consciência de todos os envolvidos.
Em um meio escolar, a metanoia conversa com o Olimpismo da mesma forma, promovendo exatamente o que a filosofia olímpica defende: a promoção da paz, da união e do respeito por regras, além dos princípios da educação e da integração cultural, sem qualquer tipo de discriminação, assegurando a oportunidade de praticar esportes para todos. A metanoia entra como sendo o mecanismo de transformar informações em conhecimento. Ademais, implica na ação de tornar o aluno como um praticante da cidadania, visto que a metanoia é fonte da bondade, da compaixão e da maioria das coisas que dão significado à vida, inclusive a atenção e o cuidado com o próximo.
A Metanoia e a filosofia olímpica de vida devem ser alinhadas com o objetivo de trazer melhores resultados, seja qual for o contexto do grupo, mediante à uma gestão inovadora e diferenciada: o líder propõe o uso do Olimpismo como norte para melhores retornos. Para isso, ele utiliza a Metanoia como forma de conscientizar essa ideia nos demais integrantes. A partir do momento em que esta concepção é aceita, o esporte entra como instrumento para provar que os ideais olímpicos auxiliam na colheita de frutos positivos. Adiante, os princípios do Olimpismo passam a fazer parte da rotina do grupo que começa a ver as primeiras consequências da nova logística. Entretanto, estas não são apenas no ambiente profissional, porém também na forma como os membros convivem entre si e na sociedade: estes começam a adotar a filosofia olímpica em suas vidas pessoais e, mais uma vez com a contribuição da Metanoia, passam a querer fazer parte do principal objetivo dessa união, que é a construção de pessoas “cidadãs do mundo”, isto é, pessoas que desejam tornar o mundo um lugar melhor através do esporte.

## 3. DISCUSSÃO

Conforme podemos verificar, o Olimpismo é considerado uma filosofia de vida que pensa o esporte como um meio educativo, uma forma de encontro entre as nações promovendo a paz, a convivência humana e o esporte como um bem cultural. O Olimpismo estuda, defende, difunde e divulga os ideais olímpicos (FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO, 1997).
Metanoia significa deixar de seguir ou acreditar em determinada coisa para vivenciar um novo modo de enxergar a vida, já para a psicologia, a metanoia é a mudança do modelo mental do indivíduo, representando um processo de reforma da psique da pessoa onde a aprendizagem é a responsável por esta alteração, tanto de modo racional, intelectual, emocional e espiritual (PADILHA et. al, 2017).

Por meio dessas pesquisas, os autores conversam entre si confirmando que o Olimpismo aliado à Metanoia, podem aprimorar o trabalho em equipe, seja qual for o contexto do grupo, mediante à uma gestão inovadora e diferenciada.
Para isso, utilizar o Olimpismo com seus valores e a Metanoia como forma de conscientizar essa ideia nos demais integrantes pode ser uma estratégia de unificar a equipe em prol do mesmo objetivo, sincronizando o trabalho prático e agregando a ideia do coletivo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da união dessas duas filosofias se dá a partir do momento em que esta contribui com o desenvolvimento da equipe como humana, isto é, cada membro evolui não apenas para o sucesso do time, mas sim como cidadão no mundo, uma vez que o conhecimento adquirido com a metanoia permite que o ser cresça buscando disseminar isso para outros grupos. Fortalecer o grupo embasado em filosofias, aprimora o grupo e o engrandece pois fomentar as ideias e o grupo trabalhando em sintonia, a equipe pode atingir seus objetivos.
Não é sobre ser melhor, afinal, no âmbito olímpico a igualdade é indispensável. É sobre tentar fazer com que cada um busque a sua excelência, com suas limitações, por meio ou outras formas do esporte, garantindo progresso à equipe, sobretudo de uma forma saudável, pois a prática esportiva exercita nosso corpo, nossa mente e, aliada à Metanoia, nossa alma.
Dados esses argumentos, pode-se concluir que a Metanoia e o Olimpismo, quando unidos, propiciam uma relação Eurítmica, isto é, de equilíbrio e harmonia, num contexto onde a aprendizagem por meio do esporte implica um melhoramento mais do que profissional ou escolar, mas sim, um desenvolvimento emocional e espiritual, articulando com o principal objetivo do Olimpismo, que é a construção de um mundo melhor.

## 6. REFERÊNCIAS

FALEIRO, B. F. A. **Programa de Educação Olímpica na URI Erechim/RS.** Monografia de Conclusão de Curso. Erechim, 2014.

COMITÊ OLÍMPICO BRASILEIRO (COB). **Cartilha "olimpismo – sua origem e ideais"**. 2010. Disponível em:<http://www.cob.org.br/movimento_olimpico/olimpismo.asp>. Acesso em: 18 mar. 2018.

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO. **Educação para o esporte**. São Paulo: Editora Globo, 1997.

ONGARATTO, M. P. **Programa de educação olímpica na Escola de Educação Básica da URI – Erechim.** Trabalho de Conclusão de Curso. Erechim, 2010.

**Programa de educação olímpica na Escola de Educação Básica da URI – Erechim.** Perspectiva, Erechim, RS, v.36, n 133, p. 203-214, mar. 2010.

TOMICKI, C. A **Educação Olímpica no Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso. Erechim, 2012.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.

PADILHA A.; CABRAL, P.; MUNIZ, C.; AVIZ, R.; LENZI,T. **Significado de Metanoia**. Disponível em:<https://www.significados.com.br/metanoia/>. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

MÜLLER, N. Olympic education: university lecture on the Olympics. **Centre d'Estudis Olímpics (UAB) International Chair in Olympism (IOC -UAB)**, Barcelona. 2004. Disponível em:<http://olympicstudies.uab.es/lectures/web/pdf/muller.pdf>. Acesso em: 18 setembro de. 2018.

TRANJAN, R. **O que é a Metanoia?**. Disponível em:<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/o-que-e-a-metanoia/52837/>. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# III COLÓQUIO DE ESPORTE E MÍDIA – ATLETAS DA REGIÃO

**Rodrigo Krempaski Ribeiro**
**Vinícius Kaminski de Souza**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
viniciusksouza@outlook.com rodribeiro97@hotmail.com

**José Luis "Nino" Dalla Costa**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
jlninodc@gmail.com

***Abstract.*** *O presente trabalho visa relatar a experiência dos acadêmicos, na atividade acadêmica, III Colóquio de Esporte e Mídia aconteceu no dia 8 de junho de 2018 na URI Campus de Erechim. O evento apresentou o esporte difundido nos meios de comunicação na sociedade globalizada. O Colóquio, também conhecido como debate ou conferência, é utilizado para referir a um tipo de reunião informal em que as pessoas se reúnem para falar e debater sobre algum assunto específico, pode ser uma exposição de uma ou mais pessoas para um público. O Colóquio trouxe bastante integração ao trazer à tona a tecnologia, tanto na divulgação quanto na disseminação do evento, que estava sendo transmitido ao vivo através do Facebook do Jornal Bom Dia, na qual tiveram mais de 2.800 pessoas alcançadas, 2.268 visualizações do evento ao vivo, 178 reações, comentários e compartilhamentos do mesmo. O evento contou com a participação de atletas da região de diversas modalidades esportivas: Emanuel João Munaretto: Atleta da modalidade Fossa Olímpica Masculino (prova olímpica de tiro desportivo), Jean Alexandre Deretti: Atleta Futebol de Campo do Ypiranga Futebol Clube, Raisa Caron: Atleta de Voleibol Feminino da Associação de Voleibol Erechinense (AEV) e Suélen Flores: Pilota de Rally.*

***Palavras-chave:*** *colóquio, esportes, atletas, tecnologia.*

## 1. INTRODUÇÃO

O III Colóquio: Esporte e Mídia dos Cursos de Educação Física Bacharelado e Licenciatura da URI Erechim engloba as disciplinas de Língua Portuguesa: Estratégias de Leitura e Escrita e Esporte e Mídia trata das relações entre o esporte e a mídia: ligações, confrontos e complementaridade. O esporte difundido pelos e nos meios de comunicação na sociedade globalizada: possibilidades de análise/intervenção por meio da Educação Física e das variáveis de ordem linguística, textual e sociointerpretativa na compreensão leitora dos diferentes gêneros textuais que circulam socialmente. Relação entre o conteúdo, composição, estilo, nível linguístico e propósitos. Técnicas de leitura e produção textual. Expressão oral e escrita.

Ressalta-se que apresenta característica interdisciplinar, pois visa a integração das diferentes áreas do conhecimento e aponta para os docentes e discentes a possibilidade da construção de novos saberes, o desafio do trabalho em equipe, o envolvimento e o comprometimento de cada um, visando o crescimento do todo e a articulação interdisciplinar do currículo. Nesse contexto, percebe-se que a evolução da sociedade e de suas instituições torna imprescindível o debate e a troca de informações entre palestrantes, acadêmicos e docentes que participam do evento.

O evento tem como objetivo identificar a influência do discurso esportivo e suas implicações na sociedade. Analisar os tipos de discurso e o seu poder de manipulação, que repercute na mídia. Avaliar as mudanças de comportamento ou de ideologia do sujeito, enquanto espectador, por meio do discurso esportivo.

O evento contou com a participação dos seguintes atletas da região: Emanuel João Munaretto, da modalidade Fossa Olímpica Masculino (prova olímpica de tiro desportivo); Jean Alexandre Deretti, do Ypiranga Futebol Clube; Raisa Caron, da Associação de Voleibol Erechinense (AEV); e a pilota de Rally, Suélen Flores.

## 2. METODOLOGIA

O termo colóquio, também conhecido como debate, conferência ou simpósio, é utilizado para referir a um tipo de reunião ou encontro quase que formal em que as pessoas se reúnem para falar ou debater sobre algum assunto específico, provavelmente determinado com antecedência. O colóquio também pode ser uma exposição de uma ou mais pessoas para um júri ou um público também específico. A ideia predominante em ambos os casos é que as pessoas tenham um tema, um tempo e um objetivo determinado e selecionado para realizar o debate ou esta troca comunicativa.

,Além disso, o colóquio é um espaço de comunicação de certa maneira formal em comparação com outras formas comunicativas. Isto ocorre porque seu principal objetivo é a exposição ou debate sobre algo particular, portanto, não há muito espaço para desviar-se, pois a estrutura do tema é bem estruturada. Os colóquios podem acontecer de diversas maneiras: em forma de exposição, na qual uma pessoa enfrenta o público; ou então na forma de mesa redonda, onde todos são expostos e debatem ao mesmo tempo. Os colóquios podem ter vários tipos de duração, mas isso é determinado por cada caso em particular, assim como o recurso de materiais, o espaço destinado para perguntas do público, etc.

A atividade aconteceu em dois momentos. O primeiro momento envolvendo os profissionais da mídia e no segundo momento, atletas da região. Este relato de experiência trata do primeiro momento: Esporte, Mídia e o Marketing Esportivo. Participaram Edson Castro, do Grupo Bom Dia de Comunicação; Gilnei Flores, do Departamento de Marketing do Grupo Máster; e Vanderlei Carminatti, do Departamento de Marketing do Ypiranga Futebol Clube. O encontro teve como mediadores os professores José Luis Dalla Costa e Lucila Campesatto. O evento foi transmitido ao vivo pela internet (FACEBOOK do Jornal Bom Dia) por meio da parceria entre a URI Erechim e o Grupo Bom Dia de Comunicação, representado por Igor Dalla Rosa Müller, Leandro Zanotto e Fernando Genro.

## 3. RESULTADOS/DISCUSSÕES

Suélen é Professora de Educação Física e comenta que "a mídia pode interferir positivamente na agenda das pessoas no sentido de incentivar as mesmas à prática regular de exercícios físicos, pela manutenção e melhoria da qualidade de vida por meio de especialistas no assunto, como os Profissionais de Educação Física".

Conforme Raisa, "a mídia pode colaborar com o desenvolvimento dos esportes, mas há necessidade de pessoas eticamente preparadas e com conhecimento para aprofundar esta importante relação. O esporte apresenta um valor educacional imensurável, que possibilita ou pode resultar em uma transformação na conduta das pessoas. Com o apoio da mídia, é possível contemplar um número maior de pessoas e os resultados podem ser cada vez mais positivos".

Para Jean Deretti, "a mídia é o maior responsável pela popularização do esporte e a televisão é considerada seu principal meio. Estamos trabalhando no Ypiranga para alavancar Erechim, por meio do esporte, do futebol. Com a união das diversas forças de Erechim, entre elas a mídia, isso será possível. O segredo é unirmos forças".

Emanuel comenta que "a disciplina no esporte e na vida para as pessoas e atletas que buscam a excelência, é essencial". Ressalta a "importância da família, pois nem sempre os resultados são positivos. Críticas, comentários negativos fazem parte de um momento negativo da equipe. Mas, além de atletas, somos pais, maridos, filhos, seres humanos, que podem errar. Por isso, é importante muito equilíbrio para ambos os lados (atletas e mídia) para que não se perca o respeito com o ser humano".

Para o professor José Luis "Nino" Dalla Costa, titular da Disciplina: Esporte e Mídia, o evento teve como objetivo analisar o esporte e a mídia a nível regional, com relação a atletas e esportes praticados a nível local. Além disso, foi discutida a importância da gestão e do marketing no meio esportivo (clubes, atletas, patrocinadores e a relação com a mídia).

Para a Professora Lucila Augusta Campesatto, titular da Disciplina de Língua Portuguesa: Estratégias de Leitura e Escrita, o evento teve como objetivo "identificar a influência do discurso esportivo e suas implicações na sociedade, bem como analisar os tipos de discurso e o seu poder de manipulação, que repercute na mídia. Ao longo do semestre os alunos estão sendo incentivados a realizar produções de textos sobre o assunto".

O evento foi transmitido ao vivo pelo Grupo Bom Dia de Comunicação (via Facebook), através do jornalista Leandro Zanotto e o cinegrafista Fernando Genro.

Conforme Ígor Müller, "esta foi a primeira transmissão ao vivo realizada pela TV Bom Dia, proporcionada pela parceria entre a URI Erechim e o Grupo Bom Dia de Comunicação, num debate de alto nível com interação dos internautas".

A mídia televisiva exerce muita influência sobre o esporte. Jornais, revistas, rádio e internet. A Mídia e esporte têm, hoje, uma relação de interdependência extremamente forte.

O Brasil é considerado o país do futebol, podemos reparar que não passamos um dia sem constatar uma notícia de futebol na TV, já não podemos dizer o mesmo da patinação artística ou até mesmo da corrida, que só é lembrada em época de São Silvestre, maratona do rio e São Paulo, Volta da Pampulha, e só é lembrada nessa época devido a transmissão destas pela globo ou outra emissora. Portanto, a mídia influi até mesmo na parte financeira do esporte.

Carreiras de atletas podem ser mudadas de um instante a outro com uma simples informação transmitida de maneira equivocada por pessoas que possuem credibilidade frente às massas. Pessoas anônimas passam a ídolos de um dia para outro, basta que os principais meios de comunicação o coloquem como os melhores em seus seguimentos esportivos.

Os atletas são transformados em mitos ou heróis e são os personagens principais desse espetáculo. Suas vidas são transformadas em roteiros, tudo o que fazem ou dizem é pensado e moldado para ser apresentável e quando não o fazem a punição vem na forma de suspensão de contratos ou multas de cifras milionárias. Além disso, os apresentadores de programas esportivos, que em muitos casos são mais publicitários que jornalistas, acabam confundindo a transmissão desses eventos como um grande filão para o marketing. A estratégia de transformar atletas em heróis nada mais servem do que fazer de uma simples partida uma jornada espetacular para a gloria ou ao fracasso, sendo que tal imagem está longe de refletir a verdadeira realidade.

Nesse ano novamente vivemos um grande exemplo de influência midiática na vida de um jogador, Vinícius Júnior, atacante de 16 anos do Flamengo, pouco jogou no time principal, mas foi o suficiente para ser noticiado como promessa pela imprensa brasileira, após dois jogos no time principal, o jovem garoto carioca que ainda não marcou seu primeiro gol como jogador profissional, foi vendido para o Real Madrid da Espanha por 45 milhões de Euros, a segunda venda mais cara da história do futebol brasileiro.

Assim, a mídia, como aliada do Capitalismo, utiliza este atleta campeão como parâmetro de sucesso para a sociedade. As empresas o utilizam para fazer propaganda de seus produtos e aumentar suas vendas. Por sua vez, a população acaba procurando e comprando os produtos anunciados pelo atleta campeão. Não significa que isto não possa ou não deva de forma alguma ser feito, significa que o esporte não pode ser resumido a isso e utilizado apenas pra esse fim, apenas com interesses econômicos.

No entanto, na relação da mídia com o esporte não é apenas a saúde dos atletas que fica prejudicada, pois na busca por telespectadores, ouvintes e leitores a mídia em muitas ocasiões toma atitudes irresponsáveis que acaba prejudicando o esporte e seus atletas.

Atualmente a TV é, hoje, a fonte de maior repercussão de uma modalidade esportiva. Com o apoio da mídia, o clube muitas vezes consegue negociar melhores contratos de patrocínio por conta da exposição gerada nos jogos, por isso os gestores dos clubes e dos atletas devem ficar atentos a parte fundamental hoje do esporte que é a mídia.

Podemos perceber que atualmente não é a mídia que se adéqua ao esporte, é o esporte que tem, por obrigação, que se adequar à mídia. Os eventos esportivos devem ser transmitidos sempre naqueles dias e naqueles horários previamente determinados, então os calendários e/ou tabelas de jogos e competições são feitos com bases nesses horários.

Os patrocinadores, por sua vez, investem no sucesso destes programas - e das equipes e jogadores bem sucedidos - para divulgar e vender mais os seus produtos. Os clubes, as equipes, os jogadores e atletas, por sua vez, aproveitam as chances de aparecer diante da grande massa de telespectadores para se tornarem mais conhecidos, mais populares, garantirem mais patrocínio e ganharem mais dinheiro.

O Colóquio trouxe novas experiências para os acadêmicos do curso de Educação Física que conseguiram ter uma base de como funciona o marketing esportivo e como a mídia está relacionada na vida desses atletas.

## 4. DISCUSSÕES/CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento mundial na cobertura esportiva pela mídia tem sido a principal alavanca do que se chama hoje de marketing esportivo. Sem tal cobertura, o gigantesco crescimento do interesse pelo esporte nunca teria ocorrido, e as várias indústrias que dependem dele jamais teriam se desenvolvido. Maior responsável pela popularização do esporte, expandindo o interesse pelas diversas modalidades, que antes se restringiam aos aficionados, a mídia passou a atender melhor às demandas de seus dois públicos: os consumidores de esporte (telespectadores e torcedores) e o mercado anunciante, interessado em atingir esses consumidores. A televisão ainda é a principal responsável pela globalização dos esportes. Sua linguagem universal permite que as imagens das competições esportivas, dos jogos, sejam comercializadas à nível mundial.

Com esse evento conseguimos entender melhor e saber um pouco mais sobre como funciona e como é a vida dos atletas e também a importância do marketing esportivo no meio esportivo e a influência que a mídia traz na vida desses atletas.

É necessário que a mídia, mais especificamente a televisão, por ser o meio de comunicação mais consumido atualmente pelas pessoas, proporcione momentos de reflexão e incentive as pessoas a discutirem mais sobre os esportes e compreender o real sentido do esporte, deve-se ser transmitidas diversas modalidades esportivas e não apenas se restringir a exibir aquelas que estão em evidência no momento, como acontece com o futebol, que atualmente é a modalidade mais assistida no Brasil, muitas vezes determinadas modalidades esportivas como atletismo, futsal, entre outras são deixadas de lado, pois a mídia acaba não dando tanta importância como deveria para essas modalidades esportivas.

Assim a forma de divulgação dos atletas dessas modalidades esportivas acaba sendo bem escassa, fazendo com que os próprios atletas tenham que fazer a própria divulgação por meio de suas próprias redes sociais como “Facebook”, “Instagram” e “Twitter”.

## 5. REFERÊNCIAS

BECHARA, E. Moderna gramática portuguesa. 37. ed., Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2009.
BELLONI, M. L. O que é mídia-educação. São Paulo: Autores Associados, 2012.
DaCOSTA, L. Atlas do esporte no Brasil. Rio de Janeiro: Shape, 2005.
DERZI, T. Comunicação e negociação em eventos esportivos. Rio de Janeiro: Sprint, 2005.
FARACO, C. A.; TEZZA, C. Prática de texto para estudantes universitários. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.
HOFFMAN, S.J. e HARRIS, J.C. Cinesiologia; o estudo da atividade física. Porto Alegre : Artmed, 2002.
NICOLLI, H. O evento esportivo como objetivo de marketing. São Paulo: Phorte, 2009.
SOLÉ, I. Estratégias de leitura. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AULAS DE DANÇA: A VIVÊNCIA DE UMA ACADÊMICA SURDA

**Stefany Krebs**
**Helena Severo da Fonseca**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
stekrebs11@gmail.com

**Daiane Pegoraro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
daia_pegoraro@hotmail.com

***Abstract:*** *O presente trabalho consiste em relatar a experiência da acadêmica do Curso de Educação Física da URI Erechim, participante do Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Física/Estudos Olímpicos (GEPEF/EO) e monitora da Escolinha Extracurricular de Dança da Escola de Educação Básica da URI Erechim, juntamente com a professora regente Emily Castanho. As aulas acontecem as terças-feiras, de março a dezembro. Nos momentos livres, através da música oportuniza-se a aprendizagem da Libras (Língua Brasileira de Sinais) para 15 alunos do 1º ano do Ensino Fundamental para disseminação dos Valores Olímpicos. Observa-se que, durante estes momentos de aproximação surdo-ouvinte, os alunos demonstram a vontade de aprender a música em Libras, o respeito pelo outro, o trabalho em equipe, fortalecendo assim os laços de respeito e amizade entre professor, monitor e alunos. As atividades são realizadas com entusiasmo, alegria e interesse em aprender algo novo a cada dia. Estes momentos são também de grande importância no processo de formação profissional da acadêmica do Curso de Educação Física, bem como visa apontar caminhos para a inovação no que diz respeito às metodologias de ensino, ensino por meio da Libras e da Educação Olímpica.*

***Palavras-chave:*** *Valores Olímpicos. Inovação na Educação. Música em Libras.*

## *1. Introdução*

*O presente trabalho consiste em relatar a experiência da acadêmica do Curso de Educação Física da URI Erechim, participante do Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Física/Educação Olímpica (GEPEF/EO) e monitora de Dança.*

*A língua de sinais é utilizada pela grande maioria das pessoas surdas em todo o mundo. No Brasil, a Libras apresenta ao aluno surdo a língua e a cultura surda, e é reconhecida pela Lei Federal nº 10.436, de 24 de abril de 2002, como meio legal de comunicação e expressão. Com a Lei 10.436 e o decreto 5626 que a regulamenta, houve uma maior divulgação da LIBRAS devido à sua obrigatoriedade nos espaços da educação como direito de acessibilidade ao surdo, que depende de sua língua natural para adquirir conhecimento científico, cultural, humano, enfim, e todos os demais mecanismos sociais que uma língua permite vivenciar.*

*A Educação Olímpica tem por objetivo buscar desenvolver a integração do corpo e alma e supõem a educação por meio do esporte.*

*Segundo ONGARATTO, (2012). apud WONG e Heung. 2004, o conceito de Educação Olímpica que mais se adequa a este contexto é definido como um processo de ensino-aprendizagem, caracterizado pela ideia de um programa, no qual se busca a integração entre corpo e alma, visando o íntegro desenvolvimento humano (WONGE HEUNG, 2004).*

*A Educação Olímpica (EO) é considerada uma prática pedagógica, onde por meio dos diversos esportes visa trabalhar os Valores do Olimpismo (CONSTANTINO, 2007). Neste sentido, mesclando esporte com cultura e educação, o Olimpismo visa criar um modo de vida baseado na alegria gerada pelo esforço, e no valor educativo da liderança pelo exemplo, assim como no respeito pelos princípios éticos universais fundamentais (COSTA, 2007).*

## *2. Metodologia*

*A referida acadêmica desenvolve juntamente com a professora Emily Castanho, regente da disciplina de dança, Língua Brasileira de Sinais (Libras) através de atividades propostas nas aulas extracurriculares de dança para 15 alunos do 1º ano do Ensino Fundamental I. As aulas acontecem todas as terças-feiras, durante os meses de março a dezembro. Nos momentos livres, oportuniza-se aos alunos a aprendizagem da Libras e a disseminação dos Valores Olímpicos (Respeito, Amizade e Excelência) por meio de atividades com músicas. A dança, em si, faz com que as alunas descubram, prazerosamente, as regras e normas necessárias para um bom relacionamento e condutas éticas entre o conjunto, pois pôde-se observar o entusiasmo demonstrado pelo grande grupo no desenvolvimento das atividades.*

*De acordo com Caparroz e Schwarts (2006), profissionais que atuam em atividades que evidenciam mais os sentidos e as emoções, conseguem transmitir valores éticos, que geram maior integridade ao ser humano em todos os aspectos da vida.*

*Por meio da educação, têm – se condições de articular conhecimentos, atitudes, aptidões, comportamentos e práticas que promovam a saúde.*

*A Educação Olímpica deve ser adotada não como uma forma de educação, mas que faz parte, ou deveria fazer parte da Educação como um todo (MARCELLINO, 2007). A dança desenvolve movimentos corporais que expressam sentimentos utilizando todas as partes do corpo para demonstrar o sentido da música, para ouvintes poderia se dizer que passam esse sentido em gestos, mas o surdo tem em sua lingua visual corporal o senido passado em Libras em sinais e a expressão que são os componentes que completam a lingua do surdo.*

*Como ressaltam as linguístas Quadros e Karnopp, a língua de sinais não é gesto, e não é uma "mistura de pantomima e gesticulação concreta, incapaz de expressar conceitos abstratos" (QUADROS & KARNOPP, 2004, p.31 - 36). No entanto, dentro do contexto da dança, os sinais passam a ter uma significação de gesto e desmanchar o signo, que neste caso é concreto, na criação de outros movimentos e situações de dança cujo interesse está no processo, que entre outras coisas integra surdos e ouvintes. Não devemos confundir, aqui, este sentido do gesto com uma falsa ideia do que é a língua de sinais.*

*O gesto a que nos referimos é aquele que desenha o próprio sentido, indicando uma relação entre o homem e o mundo sensível. E não deixa de estar presente na fala oral, na sinalização (fala em língua de sinais) e nem na dança: pelo contrário, é ele que, sendo a manifestação imediata da vida humana através da percepção imersa no mundo será fala, expressão e dança em diferentes contextos. Dentro desse contexto são desenvolvidas as atividades de dança em conjunto com a Libras, permitindo a expressão dos sentimentos de surdos e ouvintes promovendo a união das duas línguas em culturas diferentes.*

## *3. Resultados*

*Observa-se que, durante estes momentos de aproximação surdo-ouvinte, a Libras proporciona uma melhor comunicação entre eles, bem como momentos de integração e descontração, ajuda mútua, construção de laços com diferentes pessoas para perceber que todos são iguais. Durante o período, observou-se que os alunos demonstraram a vontade de aprender a música em Libras, o respeito pelo outro, o trabalho em equipe, fortalecendo assim os laços entre professor, monitor e alunos. Os mesmos realizaram as atividades propostas com entusiasmo e alegria, sempre com o interesse em aprender algo novo a cada dia, o que possibilitou a vivência na prática dos Valores Olímpicos de Amizade, Respeito e Excelência, bem como o aprendizado da Libras para os alunos participantes das aulas extracurriculares de dança.*

*A Educação Olímpica pode incentivar a disseminação de Valores Olímpicos, como a solidariedade humana, com base na tolerância e fair play, respeitando as diferentes culturas, o meio ambiente; incentivando a amizade, a excelência no desenvolvimento das tarefas; e relacionando tais Valores com a prática de esportes (PRATS, 2007).*

*Os Valores Olímpicos começam a ser disseminados em diferentes grupos sociais como estudantes, familiares e a comunidade local, que passam a conhecer e vivenciar práticas esportivas com um olhar direcionado para os valores olímpicos contidos nas ações planejadas e desenvolvidas no projeto*

*De acordo com Haguiara-Cervellini (2003), a música é uma habilidade humana que proporciona bem-estar interior, além de ser uma forma de comunicação social. Diversos são os significados atribuídos à música, que pode proporcionar, ao homem, experiências estéticas, místicas, religiosas, mágicas, ou desempenhar uma função terapêutica. Porém, apesar do fato desse privilégio ser dado aos ouvintes, é possível levar essa experiência à pessoa surda, dentro de suas possibilidades, a interpretação musical por meio de LIBRAS.*

*A abordagem contemporânea para a dança abre espaço para esta maneira de pensar e fazer dança, influencia o trabalho com o ensino ou a orientação da dança para crianças, adolescentes, jovens e adultos, atualmente, que deve contar com o respeito à criatividade do intérprete em questão, e a sua percepção do próprio movimento –pois ele vai criar a sua própria dança, independente de idade e do tempo de experiência na prática da dança e foi percebido com esse trabalho um real significado aos participantes bem como o respeito as diferenças culturais entre surdo e ouvinte.*

## *4. Discussão/Consideração finais*

*Estes momentos são também de grande importância no processo de formação profissional da acadêmica do Curso de Educação Física, bem como visa apontar caminhos para a inovação no que diz respeito as metodologias de ensino por meio da Libras e da Educação Olímpica.*

*A Educação Olimpica na Escola, permite aumento de conhecimento em diferentes esferas da aprendizagem, bem como: domínio afetivo (valores e ideais Olímpicos), domínio psicomotor (atividades físicas e esportivas), dominio cognitivo (histórias, culturas, simbolos, etc), domínio psicossocial (solidariedade, companheirismo).*

*A intenção de proporcionar a grupos heterogêneos e multiculturais condições de realizarem uma criação coletiva em dança de modo que a experiência em si, de criar e vivenciar dança, permita aos participantes ampliarem seus conhecimentos o qual foi realizado com esse trabalho. Para Pierre de Coubertin, professor francês, o desporto e os valores a ele agregados eram considerados meios educativos e, através dos jogos, ele conseguia reforçar suas metas educacionais. Para Coubertin, a educação pelo esporte significava muito mais do que a educação para o corpo: dizia – se de uma educação para o desenvolvimento do ser humano em sua totalidade (PRATS, 2007).*

*A compreensão, o respeito e a valorização desta diversidade sócio – cultural são fatores fundamentais na convivência humana em uma sociedade democrática.*

*Os cincos ideais que devem orientar a vida de cada indivíduo estão incorporados no conceito de Olimpismo, são eles: visão, foco, comprometimento, persistência e disciplina, os quais auxiliam na superação de obstáculos e alternativas de caminhos a serem percorridos (BELL,2001).*

*Por estas razões, a dança é um artifício de sensibilização ambiental, pois ela ocasiona sentimentos de ser participante, de integração, mudanças de atitudes e/ou reflexões da postura, respeito pelo próximo e pelo meio ambiente (VICENTE e MULLER,2007).*

*Do ponto de vista linguístico, a língua de sinais não é mímica, nem uma "expressão gestual". Ela é acompanhada por expressão gestual, como a fala oral, mas tende a se tornar gramática através da expressão facial e corporal. De fato, este componente corporal e facial é fundamental para a língua, e sem ele a língua não existe. A expressão facial e a direção dos olhos complementam a organização do espaço e do tempo, além de todo o conjunto de significações oferecidas pela língua. Fazemos aqui uma diferença entre língua e linguagem, entendendo a língua como um sistema estruturado e codificado, e a linguagem como intercomunicação de múltiplas naturezas entre sujeito e mundo, sendo língua uma delas, e dança, outra. Sobre língua de sinais, antes de se tomar consciência da espacialidade da gramática na língua de sinais, há um uso do corpo no mundo –a própria vivência em que mundo e corpo são espaços contíguos- que constitui o corpo do que é também as condições para que a língua de sinais se desenvolva com sua gramática própria.*

*Para finalizar, pode-se estabelecer interfaces entre a dança e a língua de sinais ao se observar que em ambos os contextos identificamos: importância no uso do olhar para a LIBRAS e do foco para a dança. É preciso que haja conscientização, seja da parte do ouvinte, de que o Surdo não está segregado da arte musical, seja da parte do Surdo, reconhecendo a música como uma arte presente em sua vivência. Dessa forma, conclui-se que ouvintes e Surdos têm as mesmas possibilidades, cada um com suas características.*

**Refêrencias**

BRASIL. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras, e o art. 18 da Lei no 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Diário Oficial [da) República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 23 dez. 2005. Disponível em: http://planalto.gov.br/CCIVIL/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5626.htm. Acesso em 29 de agosto, 2018.

BELL, R. Reach out for "**Olympism". The Sport Journal**, n. 1, v. 4, p. 32, 2001.

BELEM, C. M. Educação Olímpica na Escola. In: DA COSTA,L.; HATZIDAKIS, G (Org.). **Estudos Olímpicos 2001**. São Paulo: Universidade Bandeirantes de São Paulo – UNIBAN, v. 1, p. 5 – 15, 2001.

CAPARROZ, G. P.; SCHWARTS, G. P. **Valores éticos inerentes às atividades físicas nos âmbitos das academias e do lazer.** In: **Revista Digital**, ano 11, n. 99, 2006. Disponível em: < http://www.efdeportes. com/efd99/valores.htm >. Acesso em 29 de agosto. 2018.

CONSTANTINO, M. T. **Relações entre Educação Olímpica (Fair Play) e os conceitos de Aprendizagem por Competências e Competências para Ensinar (Phillipe Perrenoud): uma análise no Manual Be a Champion in Life.** In: MORAGA, M. de M.; Da COSTA, L. (Org.); MIRAGAYA, A.; TAVARES, O; KENNETT, C.; CEREZUELA, B. (Eds.). Universidade e Estudos Olímpicos =: Seminários España - Brasil 2006. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Centre d'Estudis Olímpics, Servei de Publicacions, 2007, v.1, p 231 - 248.

FALEIRO, B. A. **PROGRAMA DE EDUCAÇÃO OLÍMPICA NA URI – ERECHIM/RS. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.** Erechim, 2014.

HAGUIARA-CERVELLINI, Nadir. **A Musicalidade do Surdo: representação e estigma**. São Paulo: Fecho Editora 2003.

JOSEPH, Tatiana Wonsik Recompenza**. *Língua de Sinais e a Escuta sensível: a dança revelada.*** Campinas: UNICAMP, 2005.Dissertação de mestrado, Artes/Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

____ & KARNOPP, Lodenir Becker. ***Língua de Sinais Brasileira***. Porto Alegre: Arimed editora, 2004.

MARCELLINO, N. C. Lazer e qualidade de vida: In: MOREIRA, W (org.). **Qualidade de vida: complexidade e educação.** 2. ed. Campinas: Papirus, 2007.

ONGARATTO, M. P. **Programa de educação olímpica na Escola de Educação Básica da URI – Erechim.** Trabalho de Conclusão de Curso. Erechim, 2010.

PRATS, F. **Deporte y Olimpismo: Educación en valores.** In: MORAGA, M de M; ,DA COSTA, L(Org); MIRAGAYA, A; TAVARES, O; KENNETT, C ; CEREZUELA, B. (Eds**). Universidade e Estudos Olímpicos = Seminário España Brasil 2006.** Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Centre d'Estudis Olímpics, Servei de Publicacions, 2007, v.1, p 141 - 149.

STROBEL, Karin. **As imagens do outro sobre a cultura surda**. Florianópolis:Ed.da UFSC, 2008.

VICENTE, V.R.; MÜLLER, M. A. G. **As danças curriculares como instrumento de sensibilização ambiental**. In: **Revista Com Scientia**, n. 3, v. 3, p. 3 – 17, 2007.

WONG, A .C.; HEUNG, C. K. **Effects of olympic education program on Hong Kong primary scholl physical education**. Pre - olimpic Congress Proceedings, Posters, v. 2. p. 139, 2004.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROGRAMA DE EDUCAÇÃO OLÍMPICA: PARTICIPAÇÃO DA ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA DA URI ERECHIM NO 11º FÓRUM INTERNACIONAL PIERRE DE COUBERTIN

**Helena Severo da Fonseca**
**Stefany Krebs**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
stekrebs11@gmail.com
helenasf123@gmail.com

**Daiane Pegoraro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
daia_pegoraro@hotmail.com

***Resumo:*** *Entre os dias 19 e 26 de agosto de 2017, na cidade de Ülenurme, Estônia, a Universidade Regional Integrada representou o Brasil em sua segunda participação no 11º Fórum Internacional da Juventude Pierre de Coubertin, com uma delegação constituída por um professor e quatro alunas da Escola Básica. Compondo estudantes do Ensino Médio, o evento objetivou a expansão do Movimento Olímpico por intermédio dos valores olímpicos, a comutação de culturas, e inserção da prática esportiva em competições como: natação, corrida cross-country, salto em distância e esportes paraolímpicos. No evento foi ressaltado o respeito, a amizade, a excelência, além do equilíbrio entre a mente e o corpo. A dança gaúcha e o brigadeiro foram alguns símbolos de nossa cultura apresentados nos workshops de arte e seminários. A delegação, em seu retorno, responsabilizou-se em difundir o conhecimento adquirido na Estônia. Imagens, temáticas e histórias foram divididas para com alunos da universidade e da Escola Básica. Desse modo, conclui-se a extrema importância de Coubertin para nossa sociedade, visto que seus valores estão presentes não somente no âmbito esportivo, mas também no cotidiano de cada cidadão. Difundir essa mensagem garante um futuro com indivíduos mais justos e saudáveis.*

***Palavras-chave:*** *olimpismo, coubertin, esporte, valores olímpicos.*

## *1. INTRODUÇÃO*

*O Fórum Internacional da Juventude Pierre de Coubertin convencionou-se em 1997 com o intuito de agrupar jovens entre as idades de 16 a 18 anos, a cada dois anos, assegurando a expansão do conhecimento dos Temas Tranversais, referentes ao Movimento Olímpico. A Universidade Regional Integrada (URI) aplica, desde 2009, estudos e práticas referentes ao Olimpismo. Dessa maneira, tornou-se a primeira escola Pierre de Coubertin do país, sendo convidada, portanto, a participar do Fórum com representatividade internacional. Em sua primeira participação no evento, em 2015, as alunas da Escola Básica Fabiana Pezzin e Alexandra Schuchmann, juntamente do professor Edenir Serafini, representaram a URI na Eslováquia.*

*No ano de 2017, entre os dias 19 e 26 de agosto, na cidade de Ülenurme, Estônia, a instituição representou o Brasil no Fórum Internacional da Juventude Pierre de Coubertin em sua decima primeira edição. A delegação brasileira foi constituída novamente pelo professor de Educação Física, Edenir Serafini e quatro alunas da Escola Básica, Andrielle Soares, Helena da Fonseca, Liege Baggio e Louise Sartori.*

*A Educação Olímpica (EO) é considerada uma prática pedagógica, onde por meio dos diversos esportes visa trabalhar os valores do Olimpismo (CONSTANTINO, 2007). Neste sentido, mesclando esporte com cultura e educação, o Olimpismo visa criar um modo de vida baseado na alegria gerada pelo esforço, e no valor educativo da liderança pelo exemplo, assim como no respeito pelos princípios éticos universais fundamentais (COSTA, 2007).*

*Para o Barão francês, Pierre de Coubertin, o desporto e os valores a ele agregados eram considerados meios educativos e, por meio de jogos, ele conseguia reforçar suas metas educacionais. A educação pelo esporte significava muito mais do que a educação para o corpo: dizia-se de uma educação para o desenvolvimento total do ser humano (PRATS, 2007).*

*Barão Pierre de Coubertin, nascido em Paris no ano de 1863, tinha como objetivo trazer de volta o espírito olímpico e a sua vida de atleta ativo contribuiu para que isso acontecesse. Coubertin afirmou que o desporto incentivou-o em amplas tarefas da sua vida, defendendo sua idéia com vontade e muita dedicação. Este esforço resultou na volta dos Jogos Olímpicos, em Atenas no ano de 1896 (IOC, s/d). Coubertin fundou em 23 de junho de 1894 o Comitê Olímpico Internacional (IOC), que não visa fins lucrativos , apresentando-se assim como uma instituição não-governamental que atua como membro do Movimento Olímpico, tendo como objetivo claro reviver os Jogos Olímpicos (COP, 2003).*

*Atualmente, os Valores Olímpicos podem ser apresentados como respeito, amizade e excelência, valores estes considerados fundamentais para o desenvolvimento dos projetos de Educação Olímpica. Esse evento representa todos esses ideais, realizando uma sedimentação desses.*

*Baseado em tais ideais, surge o Movimento Olímpico, fundamentado na solidariedade para o desenvolvimento do mundo e na igualdade na ordem econômica, social e cultural. Um dos seus principais objetivos é oferecer aos jovens de todo o mundo a possibilidade de alcançar o alto nível esportivo, sem qualquer tipo de discriminação (Carta Olímpica, 2004). Neste sentido vale ressaltar que o movimento desportivo tem estado ligado aos princípios ditados por Pierre de Coubertin e pelos pedagogos do século XIX, que fundamentado no modelo educacional inglês, estabeleceu o esporte como matéria incorporada nos currículos e no contexto educacional, difundia valores considerados olímpicos, porém imbuídos da moralidade aristocrática inglesa (cavalheirismo, liderança, valorização do esforço) (MÜLLER, 2000).*

*Tanto o Olimpismo, os Temas Transversais, quanto o fair play vão se tornar base do Fórum Pierre de Coubertin. É a partir desses, que o evento repassará aos jovens o conhecimento sobre tais ideologias e como afetam nossa vivência em âmbito esportivo, mas também pessoal.*

## *2. METODOLOGIA*

*As quatro estudantes da Escola Básica foram selecionadas em um processo de provas, tanto orais como escritas, abrangendo conhecimentos referentes a Coubertin e às Olimpíadas. Um memorial descritivo também foi necessário para a escolha. Após o procedimento, um treinamento com os professores do Curso de Educação Física da URI teve início para a preparação nos esportes, além de ser realizada uma conversa com o presidente do Comitê Brasileiro Pierre de Coubertin, Nelson Todt.*

*Compondo mais de 150 estudantes, todos entre as idades de 16 e 18 anos, o evento objetivou a expansão do Movimento Olímpico e inserção da prática esportiva por intermédio de competições. Países dos cinco diferentes continentes do mundo se reuniram na pequena cidade de Ülenurme, na Estônia.*

*Em assembleia realizada no dia 20 de agosto, membros do Comitê Olímpico Internacional apresentaram a história de Pierre de Coubertin. No próximo dia, ocorreria o teste de conhecimento sobre o que foi repassado aos alunos. Visitas a museus também ocorreram, como a ida ao Museu de Esportes de Tartu. A partir disso, teve começo a uma interação entre os adolescentes. Nesse mesmo dia, na cerimônia de abertura, cada seleção foi apresentada, assim como sua escola, localização e bandeira do país. Seguindo o intuito de união, os times foram recebidos em um hotel e em cada quarto eram abrigadas pessoas de diferentes locais e continentes. O restante das atividades foi, em sua maioria, sediados na escola, sendo as refeições também lá ocasionadas.*

*Dia 21 deu-se início aos worshops de arte, grupos que objetivavam diversas atividades que seriam apresentadas ao público no final do fórum. Andrielle Soares participou do grupo folclórico de dança estoniana, Helena da Fonseca de um teatro de sombras referente aos padrões olímpicos, Liege Baggio trabalhou na confecção de um banner e Louise Sartori em um álbum sobre os momentos vividos na Estônia. Reuniões nesses grupos aconteciam todos os dias. Mais tarde, professores contemplaram os esportes paraolímpicos. As quatro meninas simularam limitações e puderam compreender um pouco mais sobre essas condições especiais. Todas jogaram basquete em cadeira de rodas, futebol com vendas nos olhos e andaram com um bastão de Hoover.*

*Nos mesmos grupos dos worshops, foram programadas discussões em grupo, nas quais os jovens deveriam solucionar problemas enfrentados na modernização das práticas esportivas. Como exemplo, a utilização de drogas e álcool e o sedentarismo foram debatidos. Uma pequena exposição ocorreu durante a noite com bancas apresentando símbolos de países e explicações de cada cultura. O grupo da URI compartilhou botons e adesivos, mostrou as diferentes regiões do Brasil, o chimarrão, livros da tradição gaúcha e erechinense e ofereceu um delicioso brigadeiro preparado pelas alunas.*

*Dia 22, competições de natação, corrida cross-country, 100 metros rasos, arremesso de pelota e salto em distância se sucederam. A natação foi realizada em uma prova de 50 metros em um clube esportivo que oferecia a estrutura. Os esportes relacionados com Atletismo, como 100 metros rasos e arremesso de pelota foram todos sediados na escola. Os professores eram responsáveis por preparar cada delegação, e os resultados eram todos organizados por estudantes*

*estonianos voluntários. Ao final do dia, todos visitaram o Museu Estoniano de Agricultura e participaram de danças e cantos ao redor de uma fogueira.*

*Quarta-feira, dia 23, um circuito com intuito de aprimorar a prática de esportes foi realizado abrangendo musculação, tênis de mesa e dança. Outros exercícios foram brincadeiras com cabo de guerra e caça ao tesouro. Todos esses acontecimentos eram de forma integrada, melhorando a comunicação a partir da língua inglesa e a troca de diversas tradições, visto que, países como França, Japão, Índia e Brasil estavam em convívio. Na parte da tarde, deu-se a prova de cross-country, uma visita à cidade de Tartu e ensaio dos worshops.*

*Em término ao fórum, do dia 24 a 25 de agosto, os estudantes visitaram o Parque Nacional Estoniano e o Museu Seto. Em ambos os locais, danças, roupas e comidas típicas do país foram destacadas. Um desfile de cada time ocorreu na cidade de Tartu, bem como apresentações de danças de cada nação. O Brasil buscou representar a mistura de ritmos e raças, revelando não somente o samba, mas a dança gaúcha, o frevo e o funk.*

*O encerramento contou com apresentações maravilhosas dos grupos de dança e teatro de sobras, além da apresentação do banner e dos álbuns. Uma árvore de valores foi confeccionada e as discussões dos seminários ocorridos ao longo do evento foram celebradas. Uma medalha foi entregue aos participantes que obteram os resultados necessários nas provas esportivas e escritas, e uma grande festa de despedida foi realizada, unindo, mais uma vez, integrantes de países tão diferentes, mas que acreditam no respeito, na amizade e na excelência.*

## *3. RESULTADOS E DISCUSSÕES*

*A URI, que integra desde 2009 o Olimpismo como tema de seu trabalho, em sua segunda participação no fórum, avançou ainda mais com o título de primeira escola Pierre de Coubertin do país. No evento foi ampliado os ideais de Coubertin, bem como os Temas Transversais, incluindo o respeito, a amizade, a excelência, além do equilíbrio entre a mente e o corpo. No evento foi celebrada as divergências, as línguas, danças e culturas únicas. 150 jovens unidos para relembrar o que Pierre de Coubertin defendia, um esporte com objetivo não de competição, mas sim de garra e busca por transcender os próprios limites. Sempre buscando também o respeito e a amizade, essenciais para juntar pessoas em um mundo tão desigual.*

*Conforme o entendimento de Sanfelice (2007), os ideias olímpicos fazem parte de um campo que contrariamente ao que muitos pensam, não abrange o esportivo, e sim realiza um análogo a construção de idéias e filosofia, fazendo com que acreditamos que há algo que ultrapasse o valor comercial adquirido pelo esporte moderno. O fórum dedicou-se a discussão desses problemas relacionados ao modo de vida moderno, onde substâncias químicas e a mídia são inimigas de um esporte justo. Diferentes mentes, de diferentes conhecimentos e línguas, contribuíram com novas ideias. A delegação obteve sucesso e abrangeu ainda mais seus saberes em relação ao Movimento Olímpico. Em seu retorno, responsabilizou-se em difundir o conhecimento adquirido na Estônia. Imagens, temáticas e histórias foram divididas para com alunos da universidade e da Escola Básica, sempre com o objetivo de repassar o que viram, aprenderam e discutiram. Dessa forma, os ideais de Coubertin permanecerão vivos.*

## *4. CONSIDERAÇÕES FINAIS*

*A partir desse projeto, conclui-se a extrema importância de Pierre de Coubertin para nossa sociedade, visto que os Valores Olímpicos, o respeito, a amizade estão presentes não somente no âmbito do esporte, mas também no cotidiano de cada cidadão. Difundir essa mensagem garante um futuro com indivíduos mais saudáveis que buscam por uma vida justa e harmoniosa. A URI garante e continuará garantindo a seus alunos entrarem em contato com os pensamentos de Coubertin. O Fórum é apenas mais um forma de repassar e afirmar o que já está sendo desenvolvido desde 2009: os valores olímpicos relacionados com nossas vidas.*

*A Educação Olímpica deve ser adotada não como uma forma de educação, mas que faz parte, ou deveria fazer parte da educação como um todo (MARCELLINO, 2007). Desse modo, Tavares et al., (2006), afirmam que a Educação Olímpica não se apresenta como conteúdo definido e sim como um conjunto de atividades educativas de caráter multidisciplinar e transversal tendo como eixo integrador o esporte olímpico. Centrada em valores e nos temas sugeridos para o seu desenvolvimento, apresenta possibilidades de efetuar uma educação por meio do esporte, não somente para a formação de atletas e sim para a formação de grandes cidadãos.*

## 5. *REFERÊNCIAS*

*CONSTANTINO, M. T. Relações entre Educação Olímpica (Fair Play) e os conceitos de Aprendizagem por Competências e Competências para Ensinar (Phillipe Perrenoud): uma análise no Manual Be a Champion in Life. In: MORAGA, M. de M.; Da COSTA, L. (Org.); MIRAGAYA, A.; TAVARES, O; KENNETT, C.; CEREZUELA, B. (Eds.).* ***Universidade e Estudos Olímpicos =: Seminários España - Brasil 2006****. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Centre d'Estudis Olímpics, Servei de Publicacions, 2007, v.1, p 231- 248.*

*PRATS, F. Deporte y Olimpismo: Educación en valores. In: MORAGA, M de M; ,DA COSTA, L(Org); MIRAGAYA, A; TAVARES, O; KENNETT, C ; CEREZUELA, B. (Eds).* ***Universidade e Estudos Olímpicos = Seminário España Brasil 2006****. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Centre d'Estudis Olímpics, Servei de Publicacions, 2007, v.1, p 141-149.*

*ONGARATTO, M. P.* ***Programa de educação olímpica na Escola de Educação Básica da URI – Erechim****. Perspectiva, Erechim, RS, v.36, n 133, p. 203-214, mar. 2010.*

*FALEIRO, B. F. A..* ***Programa de Educação Olímpica na URI Erechim/RS. Monografia de Conclusão de Curso.*** *Erechim, 2014.*

***_____. Programa de educação olímpica na Escola de Educação Básica da URI – Erechim.*** *Perspectiva, Erechim, RS, v.36, n 133, p. 203-214, mar. 2010.*

*TOMICKI, C.* ***A Educação Olímpica no Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.*** *Erechim, 2012.*

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RAFTING: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DA VIAGEM DE ESPORTES DE AVENTURA POR MEIO DO CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**Emile Zortéa**
**Vanessa Alberti**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Gaurama/RS e Campinas do Sul/RS
emile.zortea@outlook.com vane-alberti2012@hotmail.com

**Bruno Felipe Assoni Faleiro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
brunoafaleiro@gmail.com

**Abstract.** *O presente trabalho consiste em relatar a experiência de uma acadêmica do Curso de Educação Física, sobre a viagem de estudos, realizada de 04 a 06 de maio de 2018 à serra gaúcha, reunindo 30 acadêmicos do Curso de bacharelado e licenciatura fazendo parte das disciplinas de Atividade Física na Natureza e Esportes de Aventura, ministrada pelo professor Flávio Zambonato. Um dos esportes vivenciados na viagem foi o rafting, um esporte de aventura baseado na prática de descida em corredeiras em equipe, utilizando botes infláveis e equipamentos de segurança. O "rafting" mistura muita adrenalina. Usa-se equipamentos de segurança, e conta-se com a orientação de instrutores especializados do local que passam a todos os participantes, instruções de conduta relativas à segurança, estas, são lembradas durante momentos estratégicos da descida, e seu cumprimento é fundamental para a segurança de todos. Esse esporte de aventura proporciona aos participantes momentos de descontração e desenvolvimento de suas capacidades, além de fazer com que desafiem seus próprios medos. Portanto, é importante desenvolver atividades diferenciadas com os acadêmicos, pois são oportunidades que geram conhecimentos históricos sobre a prática e como realizar o esporte com total segurança, tornando a vivência inesquecível, sem perder a diversão trazida pela mesma.*

***Palavras-chave****: Rafting. Esporte de Aventura. Conhecimento.*

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste em relatar a experiência de uma acadêmica do Curso de Educação Física, sobre a viagem de estudos, realizada de 04 a 06 de maio de 2018 à serra gaúcha, reunindo 30 acadêmicos do Curso de bacharelado e licenciatura fazendo parte das disciplinas de Atividade Física na Natureza e Esportes de Aventura, ministrada pelo professor Flávio Zambonato.
Um dos esportes vivenciados na viagem foi o rafting, um esporte de aventura baseado na prática de descida em corredeiras em equipe, utilizando botes infláveis e equipamentos de segurança. (WIKIPÉDIA,).
A primeira viagem registrada de barco em corredeiras foi em 1869, quando John Wesley Powel organizou a primeira expedição no rio Colorado, EUA, em barcos de remo central. No começo, os aventureiros não possuíam nenhuma técnica para manobrar seus rígidos e pesados barcos nas corredeiras, tiveram problemas de capota mentos e choques com pedras. Em 1842 teve início à história moderna do Rafting, quando Lieutenant John Fremont, do exército americano fez suas primeiras expedições utilizando um barco desenhado por Horace H. Day. O barco era construído com 4 compartimentos separados com tecido e borracha da Índia e o fundo liso e suspenso e retangular, que o diferenciava dos outros barcos. O nome deste bote era Air Army Boats. Em 1896, Nataniel Galloway revolucionou as técnicas de Rafting com uma modificação muito simples, ele colocou o assento do bote virado para frente possibilitando encarar de frente as corredeiras, facilitando as manobras. (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2018).

Finalmente, em 1909, foi realizada a primeira viagem de Rafting com finalidade comercial pela Julius Stones Grand Cânion. Durante a I e II Guerra Mundial o Exército Americano ressuscitou os botes de borracha para utilizá-lo como bote salva-vida mas foi depois da II Guerra que o Rafting tomou um grande impulso. Os botes de neoprene excedentes no exército, muito similares aos botes de hoje, encontraram seu caminho nas mãos de aventureiros por toda a América do Norte. Nos anos 50 tivemos muita melhora nos equipamentos descoberta de novos roteiros o que atraiu o interesse

dos amantes dos rios. Durante os anos 60 tivemos uma grande evolução com uma série de novos modelos e idéias que deram um grande impulso ao esporte. A partir de 1972 o esporte passou por um período de hibernação sem grandes novidades, mas no início dos anos 80 estavam sendo trabalhados por Vladimir Kovalik, Rafael Gallo, a companhia Metzler da Alemanha e outros modelos primitivos de fundo auto esvaziantes (self bailer). (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2018).

As décadas de 50 e 60 foram essenciais para a popularização do rafting. É que nessa época foram criados os botões com fundo inflável, denominados auto-infláveis. (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2018).

No Brasil o rafting é praticado desde a década de 80. Apesar do pouco tempo, a divulgação do esporte e as muitas possibilidades que o país dá aos aventureiros, fizeram com que o esporte se desenvolvesse rapidamente. O primeiro campeonato brasileiro aconteceu em 1995, na cidade de Tibagí/PR. (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2018).

## 2. METODOLOGIA

Esta pesquisa caracterizou-se como bibliográfica, pois realizou-se a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. (FONSECA, 2002, p. 32).
Com base no crescente interesse pelas Atividades Físicas de Aventura na Natureza (AFAN), a área do lazer vem dedicando maior atenção a estas práticas, merecendo o olhar cada vez mais constante, por parte de pesquisadores internacionais e nacionais, das mais diferentes áreas de conhecimento, como é o caso de Betrán (1995, in MARINHO E BRUHNS, 2003), o qual presta sua colaboração apontando reflexões sobre a análise do surgimento deste tipo de atividade, evidenciando que estas se dão na década de setenta, quando surge uma nova realidade lúdica, com enfoque específico para a vivência em atividades de aventura na natureza.
Rafting consiste em seguir o curso de um rio através de suas quedas num bote inflável. Em cada bote podem ir de 2 a 10 pessoas mais o guia. É neste que os participantes irão descer o rio, por entre rochas. Para praticar rafting requer-se alguns procedimentos básicos, geralmente dados pelo instrutor responsável no local de descida do rio. É ele quem vai na parte de trás do bote, transmitindo comando aos remadores. Esses remadores vão participar ativamente na "condução" do mesmo, seguindo à risca as indicações do guia. O grupo a bordo do bote deve estar atento às instruções do líder e remar em sincronia, pois é a colaboração de todos que determinará a direção que este toma. Se assim não o fizerem correm o risco de irem parar em cima de rochas ou até mesmo virar a embarcação. Quedas do bote acontecem. Os instrutores orientam as pessoas a ficarem numa posição de forma a ajudar o resgate, pelo cabo do remo ou pelo cabo de resgate que é lançado pelo instrutor. O bote também pode virar, o que requer ainda outras técnicas para voltar à posição normal. O rafting é um desporto de equipe, onde todos remam e participam ativamente na condução do bote. É uma atividade de carácter físico, mas também exige muita coordenação e espírito de equipe para conduzir o bote e a prática tornar-se prazerosa.(PORTAL SÃO FRANCISCO, 2018).

O bote tem de estar de acordo com os objetivos do grupo. Com características diferentes, os vários tipos de bote possibilitam ao grupo escolher qual o modelo mais indicado para cada tipo de corredeira. Ele é feito de um material resistente, o hypalon. Esse tecido é uma mistura de fibra de poliéster e neoprene. O tamanho varia entre 3,65m até 5,50m. Quanto maior o tamanho do bote melhor a estabilidade. Os itens de segurança são fundamentais no rafting. Os capacetes devem apresentar regulagem interna, para acomodar os diversos tamanhos de cabeça. O modelo ideal de colete salva-vidas para o rafting deve ter uma alta flutuação, sistema de fechamento com presilhas reguláveis, um flutuador para cabeça. Os remos utilizados devem ser o mais leve e resistente possível. O comprimento dos remos é de 60 polegadas. Outro item fundamental é o cabo de resgate, que é uma corda elástica com aproximadamente 20 metros. Os equipamentos utilizados são: Bote de borracha(específico para rafting); Remos; Cabo Resgate; Capacetes; Coletes Salva-vidas; Roupa de Neoprene; Calçado emborrachado. (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2018).

Grecco (1999) expõe em seus estudos a função destas atividades, que segundo seu ponto de vista é a de integrar a necessidade e o prazer da prática esportiva com o meio ambiente onde esta é exercida, dependendo necessariamente da natureza e mostrando-se como forma poderosa na conservação ambiental.

Para Marinho (1999), a natureza não entra mais nesta perspectiva como sendo apenas pano de fundo, mas sim, como parceira importante para o desenvolvimento destas atividades. Conforme Marinho (2001) as intensas manifestações corporais nessas práticas permitem que as experiências na relação corpo-natureza expressem uma tentativa do reconhecimento do meio ambiente e dos parceiros envolvidos.

Schwartz (2002) salienta a perspectiva de que a busca por uma essência mais natural do viver tem gerado novas perspectivas, tornando o ambiente natural um fator relevante para a vivência de experiências emocionais e de aventura. Para esta mesma autora, as pessoas procuram o contato mais consistente e constante com o ambiente natural, não apenas para aprimorar sua própria saúde, mas, inclusive, para promover atitudes que beneficiem a preservação do ambiente, sendo este um fator importante no equilíbrio existencial das espécies.
Para Schwartz (in BURGOS E PINTO, 2002), essas sensações que acompanham as experiências vivenciadas na prática de atividades físicas em contato com a natureza, raramente conseguem ser expressas por meio de palavras, dificultando sua transmissão e análise.
Em relação ao Rafting, o guia, conduz pessoas rumo a algo que só ele conhece, mas onde não possui o domínio completo da situação, uma vez que o ambiente sofre constantes mudanças, colocando todos em igualdade temporária de condições. Sendo a atividade tão imprevisível, aumenta a necessidade do controle das emoções, contendo-as em certos momentos e extravasando-as em outros.

## 3. RESULTADOS

Como resultado deste relato, procurou-se enfatizar tudo que o esporte de aventura na natureza, sendo este o rafting, pode trazer para seus praticantes.
Entre as diversas opções voltadas para as vivências junto ao ambiente natural estão às atividades físicas de aventura na natureza (AFAN), que já estão sendo foco de diversos estudos acadêmicos, os quais tentam investir esforços em apreender esse universo de possibilidade de vivências, inclusive sobre a tão desejada "fuga" do meio caótico das cidades e sobre as relações que envolvem o momento de encontro do homem com ele mesmo e com o meio natural. (EFDEPORTES.COM,2005).
Com isso, observou-se que a prática realizada na viagem de estudos, traz tudo isso a tona. O contato com a natureza faz com que tudo seja aproveitado, desafiando sentimentos, medos, dificuldades de cada indivíduo e proporcionando descontração, adrenalina e diversão, o que ajuda em muitos aspectos físicos e emocionais.

## 4. DISCUSSÕES

Betrán (1995, in MARINHO E BRUHNS, 2003), sustenta a idéia de que estas atividades se fundamentam na perda momentânea da segurança corporal e que, com o auxilio da tecnologia e dos acidentes da natureza, fornecem fortes sensações, em função da interação equilibrio-desequilibrio-reequilibrio.
Já Bruhns (1997, 2003) promove excelentes discussões a respeito de como se dá a participação humana no ambiente natural, evidenciando que a crescente busca por atividades na natureza é gerada pelo grande vazio existencial, incômodos permanentes e perda de valores que acontecem na sociedade atual, onde o ser humano procura, assim, algo desconhecido e desafiador. A autora também constata que a emoção provocada pelos esportes na natureza é diferente, daquela provocada pelos parques urbanos, com suas montanhas-russas e seus brinquedos de alta tecnologia.
Para Marinho (1999), a natureza não entra mais nesta perspectiva como sendo apenas pano de fundo, mas sim, como parceira importante para o desenvolvimento destas atividades. Conforme Marinho (2001) as intensas manifestações corporais nessas práticas permitem que as experiências na relação corpo-natureza expressem uma tentativa do reconhecimento do meio ambiente e dos parceiros envolvidos.
E Teruya (2000) focaliza outros aspectos importantes referentes ao prazer que estas atividades na natureza proporcionam, principalmente devido aos elementos de energia e ação que o ambiente fornece. Além desse aspecto, o autor observa, também, os excelentes mecanismos que estas atividades oferecem para ajudar na educação ambiental das pessoas, visando à preservação do meio ambiente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vida moderna e agitada, vivida principalmente nos grandes centros urbanos, provoca nas pessoas diversos tipos de estresses, estes por sua vez, podem causar sérios problemas de saúde, principalmente cardiovasculares, devido à má alimentação e ao sedentarismo. Sendo assim, para fugir desta situação e tentar amenizar tal problema, e inclusive, viver emoções e sensações diferenciadas daquelas do cotidiano, pessoas têm procurado se envolver, com maior frequência, em atividades de lazer, especialmente as de aventura na natureza, as quais, além de contribuir para amenizar o estresse, fazem com que o ser humano possa vivenciar sentimentos de vertigem e de extrema emoção, favorecendo novos significados à vida.
O Rafting, por exemplo, é praticado em corredeiras de rios com botes que comportam até dez pessoas e que necessita da coordenação das remadas e do entendimento de todos os praticantes durante as quedas dos rios, para que se obtenha sucesso na atividade, acabando por promover sensações únicas de cooperação e trabalho em equipe, pois, a cada

descida, as quedas do rio estão diferentes, seja pelo volume de água, seja pelo posicionamento do bote, tornando a aventura sempre cheia de surpresas.
Desse modo, possibilitar ao homem experiências únicas e causar sensações e emoções pouco vividas, além de desenvolver em alguns casos o trabalho em equipe e a autoconfiança são algumas das principais características destas práticas, que ainda são pouco pesquisadas no âmbito acadêmico das diferentes áreas afins e que devem ser mais estimuladas e vivenciadas.

## 6. REFERÊNCIAS

FALEIRO, B. F. A. **Programa de Educação Olímpica na URI Erechim/RS.** Monografia de Conclusão de Curso. Erechim, 2014.

FILHO S. C.; SCHWARTZ G. M.**Guias de Rafting: perfil e emoções**.Disponível em:< http://www.efdeportes.com/efd85/rafting.htm >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.

ONGARATTO, M. P. **Programa de educação olímpica na Escola de Educação Básica da URI – Erechim.** Trabalho de Conclusão de Curso. Erechim, 2010.

PORTAL SÃO FRANCISCO. Disponível em:< https://www.portalsaofrancisco.com.br/esportes/rafting >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

TOMICKI, C. A **Educação Olímpica no Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso. Erechim, 2012.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROGRAMAS MOTIVACIONAIS DESENVOLVIDOS POR MEIO DE VIAGEM DE ESTUDOS DO CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**Vanessa Alberti**
**Emile Zortéa**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Campinas do Sul-RS e Gaurama-RS
vane-alberti2012@hotmail.com emile.zortea@outlook.com

**José Luis "Nino" Dalla Costa**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
jlninodc@gmail.com

***Abstract.*** *O presente trabalho consiste em um relato de experiência de uma acadêmica do Curso de Educação Física Bacharelado, onde a mesma esteve participando de uma viagem de estudos, proporcionada pela URI Erechim, para a serra gaúcha em maio deste ano. Esse relato está focado nos Programas Motivacionais que foram desenvolvidos durante essa viagem, e fazem parte do Treinamento Empresarial na Natureza. Esses programas objetivam motivar e valorizar a equipe, permitindo explorar situações de força, autoconfiança, resolução de conflitos, reflexão e superação. Assim, atingido o grupo como um todo e também individualmente. Essa vivência foi de oportunidade ímpar, nela foi adquirido um grande conhecimento que deve ser relacionado com o dia-a-dia dos acadêmicos, bem como, a superação de seus medos. Desta forma, verificou-se que, afim de superar tais desafios propostos, os alunos buscaram desenvolver valores, como de respeito, de amizade e de excelência.*

***Palavras-Chave:*** *Programas Motivacionais, Valores, Natureza.*

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho relata a experiência de uma acadêmica do quarto semestre do Curso de Educação Física Bacharelado, participante do Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Física/Educação Olímpica (GEPEF/EO) sobre a viagem de estudos proporcionada pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, realizada de 04 a 06 de maio de 2018 à serra gaúcha. Essa viagem reuniu 30 acadêmicos do bacharelado e da licenciatura que fazem parte das disciplinas de Atividade Física na Natureza e Esportes de Aventura, ambas ministradas pelo Professor Ms. Flávio Zambonato. Uma das atividades vivenciadas foi o Treinamento Empresarial na Natureza, na Fazenda Sonho Meu, localizada em Canela-RS. Este treinamento é desenvolvido pela empresa Vivendo, que utiliza a educação experimental como metodologia para proporcionar diferentes vivencias ao público atendido. Os acadêmicos, juntamente com os professores do Curso, optaram por vivenciar o Programa Motivacional, ofertado pela mesma.

A Vivendo atua na gestão de pessoas, de forma moderna e inovadora. Utiliza como metodologia de trabalho a educação experimental, que tem como principal objetivo o desenvolvimento de pessoas por meio de programas desafiadores, ajudando cada participante a descobrir e desenvolver seu potencial. Existem vários programas para serem desenvolvidos, neste caso, foram escolhidos os Programas Motivacionais, que objetivam entreter, recrear, motivar, valorizar e aproximar o grupo, integrando e possibilitando o aprendizado de novas habilidades, mudando os sentimentos das pessoas individualmente e em relação aos colegas e também a organização.

A motivação é relativa conforme o ambiente e às condições de tal indivíduo, nela tudo o que o indivíduo utiliza na sua relação com o meio que vive. Segundo Bergamini (1993) é um impulso que vem de dentro de cada pessoa, onde as mesmas aproveitam mais tempo às atividades para as quais estão motivadas. Vários fatores motivam um indivíduo no seu dia a dia de forma interna e externa, mas essa motivação varia de acordo com a pessoa, influenciada por meio dela, pode variar o quanto cada indivíduo realmente deseja a ação, e o empenho com que quer realizar determinada tarefa (XAVIER, 2007). É a busca por novos desafios e a aquisição de capacidades referente a atividade em que tal indivíduo vá realizar, buscando novos desafios, integridade psicológica e coesão social; tornando assim esta tarefa mais interessante e satisfatória (GUIMARÃES, BUROCHOVITCH, 2004).

A motivação varia de cada indivíduo, das suas diferenças e experiências acumuladas ao longo da vida, liga-se a história de vida de cada um. Vem de fatores internos e externos, sua diferença de personalidade e a forma como se comunica com o meio que vive, desde sua existência até o presente momento (BERGAMINI, 1993). As fontes de motivação podem ser classificadas em intrínsecas e extrínsecas.

A motivação intrínseca se dá quando o jovem realiza a atividade física por vontade própria, surgindo em decorrência da própria aprendizagem. O material aprendido fornece o próprio reforço, e a tarefa é cumprida porque é agradável. Já a motivação extrínseca ocorre quando o aluno é envolvido pelos colegas, pelo professor de Educação Física e até mesmo por familiares, que incentivam a sua participação nas aulas de Educação Física (REEVE, 1995).

A motivação extrínseca é caracterizada como aquela que é controlada por reforços administrados por um agente externo. Já a motivação intrínseca é um comportamento mediado por reforços sobre os quais o próprio indivíduo tem controle. Na vida do adolescente, este agente externo será a escola, que buscará o seu encaminhamento para a aprendizagem, porém o jovem, como todo indivíduo, possuirá sua própria motivação (PUENTE, 1982).

A motivação extrínseca se baseia em recompensa, castigo ou incentivo. A recompensa é algo oferecido em troca da atividade realizada, o que aumenta a possibilidade que esta, seja feita. Medalhas, troféus, presentes são uma boa recompensa de motivação extrínseca. Já o castigo baseia-se em uma ideia de que o estudante deverá realizar determinada atividade, caso não a faça perderá algum benefício próprio. No caso do incentivo, não há recompensas nem penalidades, apenas o próprio incentivo; este para que o estudante seja melhor, e consiga realizar tal atividade com excelência, aprendendo os valores, táticas e técnicas durante a prática (REEVE,1995).

No entanto, para a obtenção de uma adequada relação motivação-aprendizagem, deve-se operar modificando a situação de ensino. Segundo Guimarães (2004) destaca que a motivação intrínseca que a realização de determinada tarefa é pelo seu próprio interesse, que de alguma forma gera prazer e alegria pelo simples fato de realizar. Saciando suas curiosidades bem como obtendo uma maior aprendizagem porque tal atividade é feita de maneira voluntária, deixando o indivíduo livre para fazer a prática por ter aderindo a seguinte ideia "O prazer da tarefa é a própria recompensa".

Desta forma, podemos observar que a motivação está diretamente ligada com a Educação Olímpica e os Valores Olímpicos, por meio do fortalecimento dos elos da amizade, a busca pela superação dos medos e adversidades presentes, levando em consideração o respeito consigo e para com os outros, afim de atingir o objetivo proposto.

A Educação Olímpica é definida como um processo de ensino-aprendizagem, caracterizado pela ideia (de um programa) no qual se busca a unidade entre corpo e alma. Esse processo tem por meta o pleno desenvolvimento humano (WONG e HEUNG, 2004).

A ideia de Educação Olímpica foi idealizada pelo Professor Barão Pierre de Coubertin, nascido em Paris no ano de 1863, tinha como objetivo trazer de volta o espírito olímpico e a sua vida de atleta ativo contribuiu para que isso acontecesse. Coubertin afirmou que o desporto incentivou em amplas tarefas da sua vida, defendendo sua ideia com vontade e muita dedicação. Fundou em 23 de junho de 1894 o Comitê Olímpico Internacional (IOC), que não visa fins lucrativos, apresentando-se assim como uma instituição não-governamental que atua como membro do Movimento Olímpico, tendo como objetivo claro reviver os Jogos Olímpicos (COP, 2003).

Os Programas de Educação Olímpica têm por objetivo incentivar a disseminação de Valores Olímpicos, como a solidariedade humana, com base na tolerância e fair play, respeitando as diferentes culturas, o meio ambiente; incentivando a amizade, a excelência no desenvolvimento das tarefas; e relacionando tais valores com a prática de esportes (PRATS, 2007). Indo de encontro a experiência vivenciada, foi possível pôr em prática os valores adquiridos, que são eles: respeito, amizade e excelência.

O Valor Respeito está simbolicamente representado pelos Aros Olímpicos e encontra-se presente no esporte, visando o comportamento ético dos atletas. Tal valor vai contra os comportamentos que possam prejudicar o próprio atleta e o seu adversário, incluindo respeito por si mesmo, com o corpo, para com os outros, para as regras e regulamentos, para o desporto e o ambiente (IOC, 2007).

O Valor Amizade é representado pela Chama Olímpica, a qual faz entender que o esporte pode ser um meio de unir os povos, respeitando todas as diferenças existentes, como as econômicas, religiosas, culturais e raciais. Incentiva a considerar o desporto como um instrumento para a compreensão mútua entre os indivíduos e os povos sobre o mundo (IOC, 2007).

O Valor Excelência relaciona-se com o Lema Olímpico Citius, Altius Fortius e encontra-se ligado ao esforço realizado por atletas ou simplesmente pelas pessoas que o compreendem: o esforço para ganhar cada jogo, cada partida; para vencer no dia-a-dia os obstáculos, tanto na vida profissional quanto na pessoal; para ser o melhor que se pode alcançar, sempre lutando para atingir os objetivos (IOC, 2007).

De acordo com Carvalho (1999), a natureza exprime uma totalidade, em princípio abstrata, que os homens concretizam na medida em que a preenchem com suas visões de mundo, ou seja, uma nova concepção de natureza que surge à medida que o homem decide dominá-la e moldá-la conforme seus interesses e suas novas visões de mundo. Com isso, a ideia de utilizar essa natureza para prática de esportes surge, com o intuito de explorar novos caminhos e viver momentos de aventura, aproveitando cada espaço que a natureza nos proporciona.

Os esportes de aventura são conhecidos pela busca por sensações novas, com um caráter prazeroso, plenitude pessoal, evasão divertida e o contato com a natureza (BETRÁN, 2003). Por meio desses esportes podemos entender a

natureza e perceber que ela pode nos proporcionar momentos incríveis, fazendo com que a haja uma motivação na prática dos mesmos, assim podemos perceber como os valores olímpicos estão amplamente ligados com os esportes de aventura.

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma Pesquisa Documental com aspectos de uma Pesquisa-Ação. A Pesquisa Documental recorre por meio de fontes mais diversificadas e dispersas, trilha os mesmos caminhos da pesquisa bibliográfica, mas sem tratamento analítico. A Pesquisa-Ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada, o pesquisador quando participa na ação traz consigo uma série de conhecimentos que serão o substrato para a realização da sua análise reflexiva sobre a realidade e os elementos que a integram. A reflexão sobre a prática implica em modificações no conhecimento do pesquisador (FONSECA, 2002).

Durante a investigação foi realizado o Treinamento Empresarial na Natureza que faz parte do "Team Building" (construção de equipes), o qual permite que os participantes explorem situações de força, autoconfiança, tomada de decisão, resolução de conflitos, reflexão e superação. Essas situações foram vivenciadas por meio de atividades na natureza, como: trilha de orientação, construção de balsas, tirolesa e atividades lúdicas.

## 3. RESULTADOS

Os resultados foram por meio das percepções a nível pessoal, cada um pode observar as mudanças e refletir sobre elas. Por se tratar de um relato de experiência dessa acadêmica, foram obtidos os seguintes resultados: Saber lidar com os desafios do cotidiano; Superação dos medos, saber enfrentá-los; Assumir responsabilidades e ter organização em todos os aspectos; Desenvolver estratégias pessoais e profissionais, atitudes e habilidades de forma eficaz; Obter mais conhecimento e melhora no comportamento interpessoal; Tomada de decisão e resolução de conflitos rapidamente; Valorização e integração da equipe como um todo.

Na trilha de orientação, foram propostos diversos desafios. Os estudantes foram divididos em equipes, para iniciar a trilha na floresta, cada equipe deveria resolver um enigma matemático, que este levaria as pistas do percurso. Resultando na experiência do trabalho em equipe, liderança, socialização e o valor do respeito e da amizade.

Na construção de balsas destaca-se o empenho da equipe, bem como o raciocino lógico, pensamento estratégico e os demais aspectos e valores citados na atividade anterior.

Durante a tirolesa foi conquistado o valor da amizade, por meio da confiança entre os colegas que auxiliavam no equipamento de segurança, vencendo os seus anseios e medos no desafio encarado.

E por fim, nas atividades lúdicas observa-se os três valores olímpicos. O respeito consigo e para com os outros na realização das tarefas propostas; A amizade por meio do trabalho em equipe, confiança, saber ouvir as opiniões dos outros e encarar os desafios em conjunto; A excelência na busca do objetivo, desenvolvendo um raciocino rápido e eficaz, para resolver o problema em questão.

## 4. DISCUSSÕES

Segundo Puente (1982) as motivações intrínsecas são mais duradouras, pois não punem nem ocasionam em recompensas concretas, mas está relacionada no fato de a própria prática ser o sentimento que determinada a vontade do indivíduo ao realizar a atividade, busca a alegria, bem como a satisfação com a aprendizagem desta.

Reeve (1995), também conceitua a motivação intrínseca como sendo uma conduta realizada por interesse e prazer, baseada em uma série de necessidades psicológicas, dentre elas a autodeterminação, a efetividade e a curiosidade, responsáveis pela iniciação e pela persistência da conduta frente à ausência de fontes extrínsecas de motivação.

Nesse sentindo por meio dos esportes, podemos explorar a natureza, experimentando momentos de pura adrenalina, fazendo com que a haja uma motivação, tanto interna quanto externa para prática dos mesmos, e assim vivenciar os valores olímpicos, podendo perceber como esses estão envolvidos grandiosamente com os esportes de aventura.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A viagem de estudos foi proporcionada pela URI Erechim, os agradecimentos são voltados à ela, e também aos professores envolvidos tanto na realização da viagem, quando no desenvolvimento do relato sobre a mesma. Essa vivência foi de oportunidade ímpar, destacando os valores olímpicos. Assim, levando em consideração o resultado alcançado, é possível fazer um link com os desafios e propósitos profissionais, atingindo os objetivos traçados com excelência.

Desta forma, analisou-se por meio da experiência vivenciada, que os desafios propostos foram alcançados com êxito, assim foi adquirido um grande conhecimento que deve ser relacionado com o dia-a-dia dos acadêmicos.

## 6. REFERÊNCIAS

BERGAMINI, C. W. **Motivação.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 1993.

BETRÁN, J. O. Rumo a um novo conceito de ócio ativo e turismo na Espanha: as atividades físicas de aventura na natureza. In: MARINHO, A., BRUHNS, H. T. **Turismo, lazer e natureza.** São Paulo: Manole, 2003.

CARVALHO, M. **O que é natureza.** São Paulo: Brasiliense, 1999.

COMITÊ OLÍMPICO DE PORTUGAL (COP). **Desporto e desenvolvimento Humano.** Carta Olímpica, 2003. Disponível em: < http://forumolimpico.org >. Acesso em: 21/09/2018.

FALEIRO, B. F. A. **Programa de Educação Olímpica na URI Erechim/RS.** Monografia de Conclusão de Curso. Erechim, 2014.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GUIMARÃES, S. E. R.; BORUCHOVITCH. E. **O Estilo Motivacional do Professor e a Motivação Intrínseca dos Estudantes:** Uma Perspectiva da Teoria da Autodeterminação, Trabalho parte da tese de doutorado da primeira autora, sob orientação da segunda autora, no Programa de Doutorado em Educação da UNICAMP Psicologia: Reflexão e Crítica, 2004.

INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE. (IOC). **The Movement.** Disponível em: <http://www.olympic.org/uk/organisation/index_uk.asp>. Acesso em: 14/09/2018.

ONGARATTO, M. P. **Programa de educação olímpica na Escola de Educação Básica da URI – Erechim.** Trabalho de Conclusão de Curso. Erechim, 2010.

PRATS, F. **Deporte y Olimpismo: Educación en valores.** In: MORAGA, M de M; ,DA COSTA, L(Org); MIRAGAYA, A; TAVARES, O; KENNETT, C ; CEREZUELA, B. (Eds). Universidade e Estudos Olímpicos = Seminário España Brasil 2006. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Centre d'Estudis Olímpics, Servei de Publicacions, 2007, v.1, p 141-149.

PUENTE, M. (org.). **Tendências Contemporâneas em Psicologia da Motivação.** São Paulo: Autores Associados: Ed. Cortez, 1982.

REEVE, J. **Motivácion y Emoción.** Madrid, Espanha: Mc Graw Hill, 1995.

VIVENDO. **Experiências construindo resultados.** Disponível em: <www.vivendo.com.br>. Acessado em: 17/05/2018.

WONG, A .C ; HEUNG, C. K. **Effects of olympic education program on Hong Kong primary scholl physical education.** Pre - olimpic Congress Proceedings. vol II. Posters. 2004. p. 139.

XAVIER, A. R. S. **Influências da Motivação na prática de natação.** Monografia de Graduação da Universidade Federal UNIR Porto Velho 2007.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# O VALOR OLÍMPICO DO RESPEITO

**Amanda Letícia Miotto**
**Edenir Serafini**
**Vanderlei Ramos de Oliveira Júnior**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.
amandalymiotto@gmail.com; chita99@gmail.com; juniorindiofutsal@gmail.com

## 1. INTRODUCTION

Durante as aulas de Educação Física (EF) do 1° e 2° trimestres da Escola de Educação Básica da URI Erechim, os alunos do 8° ano do Ensino Fundamental desenvolveram atividades visando aprender e a cuidar melhor do seu próprio corpo e saúde. Dentro deste tema, também abordaram a Educação Olímpica (EO), tendo em vista o Valor Olímpico (VO) do Respeito. O objetivo foi comentar sobre Exercícios e Atividades Físicas, Alimentação saudável e como melhorar a qualidade de vida, por meio do esporte e de outras atividades relacionadas.

A Educação Olímpica é um legado de Pierre de Coubertin, considerado o pai do olimpismo e criador dos jogos olímpicos modernos. Seu objetivo principal era realizar uma reforma no sistema educacional em todas as escolas francesas, fazendo com que o esporte fizesse parte integral da rotina escolar. (PRATS 2007).

A Educação Olímpica é considerada um processo de ensino aprendizagem que promove uma educação universal ou desenvolvimento do indivíduo humano como um todo, em contrataste com uma educação cada vez mais especializada, abrangendo manifestações esportivas do mundo inteiro. (WONG E HEUNG 2004).

Consequentemente, a Educação Olímpica se baseia em seus valores para se guiar e ensinar, quais se destacam o Respeito, a Amizade e a Excelência. Contudo, estes princípios aproximam-se com os símbolos olímpicos, tornando-se base para o desenvolvimento do modelo de Educação olímpica. (TODT 2006).

O Valor Respeito está simbolicamente representado pelos Aros Olímpicos e encontra-se presente no esporte, visando o comportamento ético dos atletas. Tal valor vai contra os comportamentos que possam prejudicar o próprio atleta e o seu adversário, incluindo respeito por si mesmo, com o corpo, para com os outros, para as regras e regulamentos, para o desporto e o ambiente (IOC, 2007).

O Valor Amizade é representado pela Chama Olímpica, a qual faz entender que o esporte pode ser um meio de unir os povos, respeitando todas as diferenças existentes, como as econômicas, religiosas, culturais e raciais. Incentiva a considerar o desporto como um instrumento para a compreensão mútua entre os indivíduos e os povos sobre o mundo (IOC, 2007).

O Valor Excelência relaciona-se com o Lema Olímpico Citius, Altius Fortius4 e encontra-se ligado ao esforço realizado por atletas ou simplesmente pelas pessoas que o compreendem: o esforço para ganhar cada jogo, cada partida; para vencer no dia-a-dia os obstáculos, tanto na vida profissional quanto na pessoal; para ser o melhor que se pode alcançar, sempre lutando para atingir os objetivos (IOC, 2007).

O valor olímpico do Respeito está presente no contexto esportivo, visando o comportamento moral do atleta, sendo que este valor inclui a honestidade, saber seus limites e tomar conta da sua própria saúde e do meio ambiente. Respeito significa também saber compreender os limites do seu próprio corpo, de seu adversário e respeitar as regras e regulamento para o melhor convívio e prática da modalidade. IOC (2007).

Para uma prática de educação física de qualidade deve abranger as diferentes dimensões, tanto conceituais, procedimentais e atitudinais. Sendo assim seu papel de melhorar os movimentos motores, de forma onde os participantes pratiquem atividades que lhes sejam prazerosas e, não aquelas em que se sintam obrigadas a fazer por simplesmente não se sentirem deslocadas do grupo. (DARIDO 2001).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Atividade Física consiste em qualquer tipo de movimento corporal que resulte no gasto de energia que não pode ser medido ou controlado. As atividades Físicas são importantes para evitar o sedentarismo, problemas cardíacos e derrames cerebrais. Exemplos: movimentar seu braço, caminhar, lavar o carro, cortar grama, subir alguns lançantes de escada, varrer a casa, etc.

O Exercício Físico é qualquer atividade que mantém ou aumenta a aptidão física em geral, tem como objetivo melhorar a saúde. A razão da prática de exercícios inclui: o reforço da musculatura e do sistema cardiovascular, o aperfeiçoamento das habilidades atléticas, a perda de peso e a manutenção de alguma parte do corpo. (SILVERTHORN 2003).
O Esporte e o Exercício físico chegaram aos dias atuais acompanhando as mudanças de paradigmas sociais e políticos, criando uma tendência de forma de lazer, e restauração da saúde sobre os efeitos nocivos que a rotina estressante do cotidiano trás. (TOFLER; MITTLEMAN; MULLER 1996).
O Esporte é definido como a prática individual ou coletiva, de jogo ou qualquer atividade que demande exercício físico com fins de recreação e melhora da saúde, podendo levar a acontecer uma competição (TUBINO 2002). Contudo o esporte é tratado como um fenômeno sociocultural, sendo considerado um patrimônio da humanidade. Historicamente foram criadas diversas modalidades esportivas, que sofreram modificações até os dias atuais. (DARIDO, 2001).
Os benefícios da prática de esportes incluem a redução do risco de doenças do coração, pressão alta, osteoporose, obesidade e diabetes. Aumenta a resistência muscular. Melhora os níveis de colesterol sanguíneo. Combate a insônia. Deixa os tendões e ligamentos mais flexíveis. Ajuda a desenvolver a agilidade, funções motoras e tempo de reação.

**Alimentação Saudável**
Uma alimentação saudável consiste na ingestão de alimentos naturais em nossas refeições diárias. Sendo necessário ingerir alimentos que contenham carboidratos, proteínas, fibras e vitaminas. A boa alimentação diária em junção com o esporte e outras atividades relacionadas são mais que benéficas para a saúde e sim necessárias.
Para se ter uma boa alimentação diária é preciso incluir em nosso cardápio: café da manhã, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde, janta e ceia. Tendo esses horários básicos de alimentação nosso corpo e mente se adaptam para a melhora da alimentação, deixando de lado comidas gordurosas e prejudiciais à saúde.
Em nosso cotidiano, nos deparamos com vários alimentos que causam malefícios a nossa saúde, mas, continuamos ingerindo-os. (FOGAÇA, SD). Entre eles estão classificados os abaixo:
**5 piores alimentos do mundo**
**1 Sorvete:** gordura hidrogenada.
**2 Margarina**: gordura hidrogenada e saturada.
**3 Refrigerante:** açúcares e componentes químicos.
**4 Bolacha recheada:** colesterol ruim (LDL), corantes, gordura hidrogenada.
**5 Salgadinhos**: gordura trans, corantes, aromatizantes, conservantes.

## 2. TEXT FORMAT:
### Metodologia:

O presente trabalho foi desenvolvido e executado durante o 1° e 2° trimestres das aulas de Educação Física da Escola de Educação Básica da URI Erechim com os alunos dos 8° anos do ensino Fundamental da mesma. Para a execução do trabalho, foram feitas pesquisas bibliográficas. Conforme (GIL 2008) caracteriza-se por buscas em livros, artigos científicos e documentos disponíveis sobre os assuntos. Durante os períodos de aula foram desenvolvidas práticas teóricas para a melhor absorção do conteúdo abordado. A EF foi abordada relacionando seus benefícios, maneira correta de execução e a importância da prática regular do exercício físico. Uma das formas de praticar exercício físico é por meio dos esportes, os quais além dos benefícios à saúde, oportunizam socialização, recreação e integração. A alimentação saudável foi enaltecida por pesquisas bibliográficas e nas discussões em grupo para a escolha correta dos alimentos.
Como tema principal, comentou-se sobre o esporte, tendo em mente o Valor Olímpico do Respeito. A ideia inicial foram as práticas de exercícios e atividades físicas, as quais beneficiam a saúde. Após o desenvolvimento e realização das atividades propostas, os alunos foram instigados a fazer pesquisas sobre uma alimentação saudável e seus benefícios, junto, também foi pesquisado sobre os piores alimentos do mundo. Assim, conscientizando os estudantes de que no mundo de hoje em dia, a prática de esportes e a melhor condução possível da alimentação e a prática de exercícios e atividades físicas são fundamentais para a melhora da saúde em geral.

### Resultados:

Foi observado durante as aulas a melhora dos alunos em esportes coletivos que envolveram a prática de exercícios físicos e a solução de problemas em equipe, tais como jogos ou lógica. Também, é relatado por alguns alunos em aula a melhora na alimentação e o aumento da prática de atividades físicas, assim, resultando em uma melhora na qualidade de vida de todos os alunos e até mesmo os professores envolvidos.
Também é possível relatar a melhor convivência dos alunos nas aulas de Educação física e o melhor desempenho dos mesmos, pelo convívio, incentivo, apoio e auxilio frente as adversidades.

**Discussão:**

O esporte traz a capacidade de trabalhar várias das habilidades dos estudantes ao mesmo tempo. A possibilidade de interações sociais que a aula de Educação Física tem é única, sendo que muitas vezes o contato que o indivíduo tem de relacionar-se com as mais variadas formas de comunicação, como linguagem motora, modelos, respeito e cognitivo. (MATTOS, 2006)
Esporte e Educação física estão intimamente ligados. Sendo a Educação física, muitas vezes o local onde a criança tem o primeiro contato com o esporte, por isso devemos atentar para que as aulas de Educação Física tenham o maior proveito possível do esporte e trazer todos os benefícios que este pode representar para a formação física, mental e do caráter do cidadão. (TUBINO, 1996).
Tendo como base fundamental a compreensão de esporte-prática, considera-se o esporte um jogo, praticado de forma lúdico-competitiva e com exercício físico, e que se converte na forma de esporte indicada para o meio de iniciação, estabelecendo quatro princípios que devem ser ponderados ao desenvolvê-lo na Educação Física: o princípio sinestésico, o princípio lúdico, o princípio agonístico e o princípio ético. (CAGIGAL, 1996).
A Educação Física, tem o dever de trabalhar valores como cooperação e ajuda mútua a que leva o participante a ampliar e fortalecer seus laços de amizade criando valores que devem ser levados em consideração no convívio em sociedade. Devemos ainda lembrar-se dos aspectos cognitivos, pois a prática de exercícios leva a aprender, a pensar mais rápido, solucionar questões problema, trabalhando assim toda a parte intelectual do praticante. (FERRAZ, 2002).
Os principais benefícios à saúde advindos da prática de Exercício físico, referem-se aos aspectos antropométricos, neuromusculares, metabólicos e psicológicos. O Exercício físico atua na melhoria da autoestima, do autoconceito, da imagem corporal, das funções cognitivas e de socialização, na diminuição do estresse e da ansiedade e na diminuição do consumo de medicamentos. (MATSUDO E MATSUDO, 2000).
A alimentação humana vai além das funções nutricionais, pois envolve aspectos psicológicos, fisiológicos, sociais e culturais. O qual desde cedo insere o indivíduo a uma série de rituais que culminam em um padrão alimentar, estimulado por familiares e pela mídia. (MINTZ, 2001).

**Conclusão:**

Concluo com esse trabalho que os Valores Olímpicos estão associados aos valores humanos, neste sentido, existe a importância das pessoas conhecerem mais sobre os valores olímpicos e colocarem em prática seus ensinamentos, como por exemplo em relação ao valor do Respeito que fora abordado como contesto principal nas aulas de educação física, o mesmo oportunizou uma grande mudança em nossa vida, principalmente na parte corporal, contemplando uma melhor consciência corporal e a prática regular de exercícios físicos e hábitos saudáveis, oportunizando desta maneira auxiliar na melhoria da qualidade de vida e saúde, ficou claro a necessidade das pessoas saberem respeitar os seus próprios limites e o limite dos colegas; além de conhecermos maneiras e cuidados melhores para com o nosso corpo e assim poder ter uma melhora não só na parte física, mas também na espiritual, pois uma mente saudável exige um corpo saudável.

## 3. REFERENCES

CAGIGAL, J.M.. **Obras selectas. Madrid: Comité Olímpico** Español. 1996.

COSTA, L(Org); MIRAGAYA, A; TAVARES, O; KENNETT, C ; CEREZUELA, B. (Eds). Universidade e Estudos Olímpicos = Seminário España Brasil 2006. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Centre d'Estudis Olímpics, Servei de Publicacions, 2007, v.1, p 141-149.

DARIDO, S. C. et al. A educação física, a formação do cidadão e os parâmetros curriculares nacionais. **Revista Paulista de Educação Física, São Paulo**, v. 15, n. 1, p. 17-32, 2001

FERRAZ, O. L. O esporte, a criança e o adolescente: consensos e divergências. In: DE ROSE Jr., D. (Org.). **Esporte e atividade física na infância e na adolescência: uma abordagem multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "O que são alimentos saudáveis?"; Brasil Escola. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/saude-na-escola/o-que-sao-alimentos-saudaveis.htm>. Acesso em 21 de setembro de 2018.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE. (IOC). The Movement. Disponível em: <http://www.olympic.org/uk/organisation/index_uk.asp>. Acesso em: 14 de setembro de 2018.

MATSUDO, S. M; MATSUDO, V. K. R. Evidências da importância da atividade física nas doenças cardiovasculares e na saúde. **Revista Diagnóstico e tratamento**, v.5, n. 2, p. 10-17, 2000.

MATTOS, M. G. **Educação física na adolescência: construindo o conhecimento na escola** São Paulo: Phorte Editora. 2006.

MINTZ. SW. Comida e antropologia: uma breve resivão. Revista Brasileira de Ciências Sociais. 2001.

PRATS, F. Deporte y Olimpismo: Educación en valores. In: MORAGA, M de M; DA.

SILVERTHORN DU. Fisiologia integrada. Fisiologia humana. Uma abordagem integrada. 2a ed. Barueri (SP): Manole, 2003.

TODT, N ; STOBÄUS, C. D. ; MOSQUERA, J. J.M . Projeto Cerimônias Olímpicas: educação através do Olimpismo. In: MORAGA, M. de M.; Da COSTA, L. (Org.); MIRAGAYA, A.; TAVARES, O.; KENNETT, C.; CEREZUELA, B. (Eds.). Universidade e Estudos Olímpicos =: Seminários España - Brasil 2006. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Centre d'Estudis Olímpics, Servei de Publicacions, 2007, v.1, p 277-286.

TUBINO, M.G. **O esporte educacional como uma dimensão social do fenômeno esportivo no Brasil.** Rio de Janeiro: 1996.

TUBINO, M. J. G. Uma Visão Paradigmática das Perspectivas do Esporte para o Início do Século XXI. In: GEBARA, A. [et al]; MOREIRA, W. W. (Org.). Educação física & esportes: Perspectivas para o século XXI. 9ª edição. Campinas: Papirus, 2002, p.125139.

WONG, A .C ; HEUNG, C. K. Effects of olympic education program on Hong Kong primary scholl physical education. Pre - olimpic Congress Proceedings. vol II. Posters. 2004. p. 139.

**4. Responsibility notice**

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# III COLÓQUIO "ESPORTE, MÍDIA E O MARKETING ESPORTIVO."

**Vinícius Kaminski de Souza**
**Rodrigo Krempaski Ribeiro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
viniciusksouza@outlook.com rodribeiro97@hotmail.com

**José Luis "Nino" Dalla Costa**
Universidade Regional Integrada do Auto Uruguai e das Missões
jlninodc@gmail.com

***Abstract:*** *O presente trabalho visa relatar a experiência dos acadêmicos do Curso de Educação Física Bacharelado da URI Erechim, no III Colóquio sobre Esporte e Mídia ocorrido no dia 4 de Maio de 2018 na URI Erechim. O Colóquio, conhecido como debate ou conferência, é utilizado para referir-se a um tipo de reunião informal em que as pessoas falam e debatem sobre algum assunto específico. O evento teve como objetivo identificar a influência do discurso esportivo e suas implicações na sociedade, bem como analisar os tipos de discurso e o seu poder de manipulação, que repercute na mídia. O Marketing Esportivo é um segmento que tem como principal função gerar oportunidades de negócios no mundo dos esportes e usar o mesmo como uma ferramenta para as estratégias de Marketing. O Colóquio, foi transmitido ao vivo através do Facebook do Jornal Bom Dia, na qual tiveram mais de 2.800 pessoas alcançadas, 2.268 visualizações do evento ao vivo, 178 reações, comentários e compartilhamentos do mesmo. O evento contou com a participação do diretor de marketing do Master Supermercados, Gilnei Flores; do jornalista Edson Castro e do diretor de Marketing do Ypiranga Futebol Clube, Vanderlei Carminatti.*

***Palavras-chave:*** *esporte, mídia, marketing esportivo.*

## 1. INTRODUÇÃO

O III Colóquio: Esporte e Mídia dos Cursos de Educação Física Bacharelado e Licenciatura da URI Erechim engloba as disciplinas de Língua Portuguesa: Estratégias de Leitura e Escrita e Esporte e Mídia trata das relações entre o esporte e a mídia: ligações, confrontos e complementaridade. O esporte difundido pelos e nos meios de comunicação na sociedade globalizada: possibilidades de análise/intervenção por meio da Educação Física e das variáveis de ordem linguística, textual e sócio interpretativa na compreensão leitora dos diferentes gêneros textuais que circulam socialmente. Relação entre o conteúdo, composição, estilo, nível linguístico e propósitos. Técnicas de leitura e produção textual. Expressão oral e escrita.

Ressalta-se que apresenta característica interdisciplinar, pois visa a integração das diferentes áreas do conhecimento e aponta para os docentes e discentes a possibilidade da construção de novos saberes, o desafio do trabalho em equipe, o envolvimento e o comprometimento de cada um, visando o crescimento do todo e a articulação interdisciplinar do currículo. Nesse contexto, percebe-se que a evolução da sociedade e de suas instituições torna imprescindível o debate e a troca de informações entre palestrantes, acadêmicos e docentes que participam do evento.

O centralizador desse sucesso midiático no esporte é o próprio espectador, esse indivíduo financiará o sistema comercial do esporte, através do consumo passivo de produtos esportivos, referentes aos anúncios publicitários. Nessa linha de raciocínio a popularidade dos astros esportivos, torna-se uma combinação perfeita da imagem vencedora ao produto comercializado, tornando-se interessante para indústria cultural. Singularizada num ser hegemônico, conduzido a um processo de mistificação personificada pela publicidade como ápice da conquista. Designando a expressão "esporte espetáculo" no estudo.

## 2. METODOLOGIA

O termo colóquio, também conhecido como debate, conferência ou simpósio, é utilizado para referir a um tipo de reunião ou encontro quase que formal em que as pessoas se reúnem para falar ou debater sobre algum assunto específico, provavelmente determinado com antecedência. O colóquio também pode ser uma exposição de uma ou mais

pessoas para um júri ou um público também específico. A ideia predominante em ambos os casos é que as pessoas tenham um tema, um tempo e um objetivo determinado e selecionado para realizar o debate ou esta troca comunicativa.

Além disso, o colóquio é um espaço de comunicação de certa maneira formal em comparação com outras formas comunicativas. Isto ocorre porque seu principal objetivo é a exposição ou debate sobre algo particular, portanto, não há muito espaço para desviar-se, pois a estrutura do tema é bem estruturada. Os colóquios podem acontecer de diversas maneiras: em forma de exposição, na qual uma pessoa enfrenta o público; ou então na forma de mesa redonda, onde todos são expostos e debatem ao mesmo tempo. Os colóquios podem ter vários tipos de duração, mas isso é determinado por cada caso em particular, assim como o recurso de materiais, o espaço destinado para perguntas do público, etc.

O Marketing Esportivo é uma segmentação do Marketing que tem como principal função gerar oportunidades de negócios no mundo dos esportes e usar o esporte como uma ferramenta para as estratégias de Marketing. Ele ajuda na criação e execução dos artifícios do Marketing no meio esportivo e em tudo o que o envolve, sejam marcas, clubes, times, atletas, equipamentos ou personalidades. Em cima de um "fator passional", as estratégias de Marketing Esportivo atuam para efervescer esse sentimento e atrair novos adeptos. "A matemática é simples" – segundo Vanderlei Carminatti.

"Esportes não são somente esportes", (...) "O Marketing Esportivo deve atuar para fazer a conexão entre a paixão, o entretenimento e o prazer de viver, sentir e presenciar o esporte em busca de provocar emoções nos indivíduos e, ao mesmo tempo, lucro e faturamento para as empresas envolvidas" – completou Vanderlei.

A relação entre mídia e esporte vem se estreitando cada vez mais ao longo dos anos, até chegarmos ao estado atual de dependência mútua. O crescimento mundial na cobertura esportiva pela mídia tem sido a principal alavanca do que se chama hoje de marketing esportivo. Sem tal cobertura, o gigantesco crescimento do interesse pelo esporte nunca teria ocorrido, e as várias indústrias que dependem dele jamais teriam se desenvolvido. Maior responsável pela popularização do esporte, expandindo o interesse pelas diversas modalidades, que antes se restringiam aos aficionados, a mídia passou a atender melhor às demandas de seus dois públicos: os consumidores de esporte (telespectadores e torcedores) e o mercado anunciante, interessado em atingir esses consumidores.

A televisão é ainda a principal responsável pela globalização do esporte, já que sua linguagem universal permite que as imagens das partidas sejam comercializadas em escala global. Esta é a estratégia das empresas transnacionais que fabricam produtos esportivos. Além dos benefícios dessa massificação do esporte pela mídia: tais como a globalização dos atletas; a maior organização das entidades esportivas e o desenvolvimento do marketing esportivo. A exposição de mídia se encontra no centro dos ganhos relacionados à indústria esportiva.

As mídias, nome genérico atribuído aos meios de comunicação de massa, diariamente bombardeiam com imagens, sons e informações toda população, de maneira intensiva. Essa nova era caracterizada pela velocidade e dinamização das notícias, ocupa um espaço considerável na vida dos indivíduos, interferindo no modo como compreendem a realidade, uma vez que estão expostos, e muitas vezes ausentes de olhar crítico sobre o que recebem. A mídia, como fenômeno importante na cultura entre os jovens, ganha uma forte influência no campo pedagógico, tornando-se uma grande problemática para Educação, em especial para a Educação Física. Sendo de grande importância à mídia no mundo atual, torna-se evidente sua influência no âmbito da cultura corporal de movimento, sugerindo diversas práticas corporais, reproduzindo-as, mas também as transformando e constituindo novos modelos de consumo.

A TV em destaque surge como instrumento capaz de instruir gostos e propensões, ou seja, de criar necessidades e tendências, esquemas de reação e modalidades de apreciação tais que se tornam determinantes para os fins da evolução cultural, também em terreno estético. Nessa perspectiva, a mídia como recorte preponderante da indústria cultural, disponibiliza diante seus recursos, a ocupar o tempo livre do trabalhador, consolidando um momento de consumo simbólico dos bens culturais como mercadorias. Utilizando o esporte como parte desse produto. Uma ocupação que se molda a um semi-saber que reflete numa falsa abstração a reflexão crítica, integrando-o ao mundo encantado das aparências que "passou sucessivamente de praticante a espectador, deste a telespectador, e agora, a teleconsumidor.

A atividade aconteceu em dois momentos. O primeiro momento envolvendo os profissionais da mídia e no segundo momento, atletas da região. Este relato de experiência trata do primeiro momento: Esporte, Mídia e o Marketing Esportivo. Participaram Edson Castro, do Grupo Bom Dia de Comunicação; Gilnei Flores, do Departamento de Marketing do Grupo Máster; e Vanderlei Carminatti, do Departamento de Marketing do Ypiranga Futebol Clube. O encontro teve como mediadores os professores José Luis Dalla Costa e Lucila Campesatto. O evento foi transmitido ao vivo pela internet (FACEBOOK do Jornal Bom Dia) por meio da parceria entre a URI Erechim e o Grupo Bom Dia de Comunicação, representado por Igor Dalla Rosa Müller, Leandro Zanotto e Fernando Genro.

## 3. RESULTADOS

Para Vanderlei Carminatti, "a TV é, hoje, a fonte de maior repercussão de uma modalidade esportiva. Com o apoio da mídia, o clube muitas vezes consegue negociar melhores contratos de patrocínio por conta da exposição gerada nos jogos". Gilnei Flores comentou que "as demandas do público consumidor de esporte (telespectadores e torcedores) estão sendo compreendidas pela mídia. E assim, o mercado anunciante, interessado em atingir esses consumidores.

Desta forma, alavancando o próprio esporte". Edson Castro ressaltou "a união de forças, a transparência nas ações não só para alavancar o esporte, mas nossa sociedade como um todo".

Para os professores Lucila e Nino, o Colóquio apresenta característica interdisciplinares, pois visa à integração das diferentes áreas do conhecimento e aponta para os docentes e discentes a possibilidade da construção de novos saberes, o desafio do trabalho em equipe, o envolvimento e o comprometimento de cada um, visando o crescimento do todo e a articulação interdisciplinar do currículo.

O evento foi transmitido ao vivo pela internet (FACEBOOK do Jornal Bom Dia) por meio da parceria entre a URI Erechim e o Grupo Bom Dia de Comunicação, representado por Igor Dalla Rosa Müller, Leandro Zanotto e Fernando Genro

Conforme Ígor Müller, "esta foi a primeira transmissão ao vivo realizada pela TV Bom Dia, proporcionada pela parceria entre a URI Erechim e o Grupo Bom Dia de Comunicação, num debate de alto nível com interação dos internautas".

Vivemos num mundo bombardeado de informações, onde a cada momento, milhares de imagens, palavras e sons produzidos pelas mídias integram-se no nosso dia a dia. A influência que a mídia exerce sobre os saberes dos jovens, obriga a escola buscar novas estratégias e novos olhares para tal prática, atendendo as demandas futuras, tendo de crescer em número e em complexidade, para além do esporte espetáculo, se constrói uma nova modalidade de consumo para o grande público: o esporte telespetáculo, elaborado pela televisão, propiciando uma série de informações. Oportunizando ao espectador, uma realidade textual relativamente autônoma, em face de prática "real" do esporte, construída pela codificação e mediação dos eventos esportivos, efetuando uma construção seletiva e interpretativa, selecionando imagens reproduzidas pela própria televisão, segundo o próprio Carminatti.

O esporte como telespetáculo, tende a valorizar a forma em relação ao conteúdo, priorizando a forma de apresentação mais do que se apresenta, fundamentado pela linguagem audiovisual, com ênfase nas imagens selecionadas através dos recursos tecnológicos associados à informática. Esse espetáculo promove uma desnaturação do corpo, que relacionada a ideia de culto ao atleta herói, influenciada pela mídia desde a década de 50, torna-se parte da programação regular das redes de TV. Essa imagem produzida pela mídia, é transportada para um corpo idealizado , contentando em participar pela pessoa interposta de seus ídolos. Gerando novos valores, determinando atitudes dos consumidores diante a prática esportiva em geral.

Os resultados foram muito satisfatórios frente aos objetivos propostos pelas disciplinas envolvidas no Colóquio. O evento analisou as formas de abordagem do esporte na mídia. Relacionou o processo de esportivação de práticas corporais com o consumo e a mídia e diferenciando a influência da mídia nas práticas esportivas.

## 4. DISCUSSÕES/CONSIDERAÇÕES FINAIS

De fato, o poder que a mídia exerce sobre o esporte não é unilateral. Há uma relação de interdependência, que faz a espetacularização esportiva atender às pretensões de ambos os lados: as empresas de comunicação e as federações esportivas. Se, por um lado, a mídia estabelece parâmetros para o sucesso econômico das práticas esportivas, por outro, as empresas de comunicação de massa passaram a depender crescentemente do que ocorre no mundo esportivo. Nesse sentido, se a espetacularização esportiva produzida para um público telespectador trouxe alterações na organização do esporte, consequentemente as redes de televisão têm se adaptado aos elevados custos dos contratos de transmissão.

Contudo, sabe-se da necessidade de atualização e de novas propostas que possam desenvolver um trabalho crítico/reflexivo/autônomo em relação aos conteúdos midiáticos. Cabendo a Educação Física, com pleno conhecimento sobre a cultural corporal de movimento, objetivar a integração do educando, concebido como uma totalidade humana, com suas dimensões, físico-motora, sócio-afetiva e cognitiva, na busca de formar o receptor-sujeito. Promovendo a retomada de uma formação cultural esportiva autônoma em relação a indústria midiática. Através de diálogos e discussões sobre vídeos, documentários, revistas e jornais, possibilitando a emancipação autônoma em relação aos conteúdos midiáticos, dando significado próprio, conforme suas estruturas de recepção.

O crescimento mundial na cobertura esportiva pela mídia tem sido a principal alavanca do que se chama hoje de marketing esportivo. Sem tal cobertura, o gigantesco crescimento do interesse pelo esporte nunca teria ocorrido, e as várias indústrias que dependem dele jamais teriam se desenvolvido. Maior responsável pela popularização do esporte, expandindo o interesse pelas diversas modalidades, que antes se restringiam aos aficionados, a mídia passou a atender melhor às demandas de seus dois públicos: os consumidores de esporte (telespectadores e torcedores) e o mercado anunciante, interessado em atingir esses consumidores. A televisão ainda é a principal responsável pela globalização dos esportes. Sua linguagem universal permite que as imagens das competições esportivas, dos jogos, sejam comercializadas à nível mundial.

## 5. REFERENCIAS

BECHARA, E. Moderna gramática portuguesa. 37. ed., Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2009.

BELLONI, M. L. O que é mídia-educação. São Paulo: Autores Associados, 2012.
DaCOSTA, L. Atlas do esporte no Brasil. Rio de Janeiro: Shape, 2005.
DERZI, T. Comunicação e negociação em eventos esportivos. Rio de Janeiro: Sprint, 2005.
FARACO, C. A.; TEZZA, C. Prática de texto para estudantes universitários. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.
HOFFMAN, S.J. e HARRIS, J.C. Cinesiologia; o estudo da atividade física. Porto Alegre : Artmed, 2002.
NICOLLI, H. O evento esportivo como objetivo de marketing. São Paulo: Phorte, 2009.
SOLÉ, I. Estratégias de leitura. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

CONIGTI

# Fisioterapia:
# Promoção, Prevenção e Reabilitação da Saúde

REALIZAÇÃO:

URI
ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFICÁCIA DE UM PROGRAMA DE TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO NA HÉRNIA DE DISCO LOMBAR: RELATO DE CASO

**Amanda Wild Kochanski**
Acadêmica de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim. Rua Setenbrino Manteze– Bairro Demoliner – CEP 99714-899 – Erechim (RS), Brasil
e-mail: amandawild12@hotmail.com

**Janesca Mansur Guedes**
Professora Doutora em Ciências da Saúde, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil

**Fabrízzio Martin Pelle**
Preceptores de Estágio em Disfunções Muculoesqueléticas, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil

**Caren Tais Piccoli Maronesi**
Professora Mestre em Envelhecimento Humano, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil

**Zequiela Cristiane Russi**
Preceptores de Estágio em Disfunções Muculoesqueléticas, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil

***Resumo. Objetivos****: verificar a eficácia de um programa de tratamento fisioterapêutico na hérnia de disco lombar, quanto a dor e a incapacidade.* ***Métodos****: foram realizados a anamnese e exame físico com a realização da goniometria para verificação da amplitude de movimento, classificação do grau de força muscular, e a graduação da dor através da EVA. Sendo sucedidas 19 sessões, trêz vezes por semana, com duração de 50 minutos cada, realizados na Clínica Escola de Fisioterapia – URICEPP, na cidade de Erechim – RS.* ***Resultados****: houve um controle do quadro álgico, melhora significativa da amplitude de movimento , e do grau de força muscular, melhorando a função e qualidade de vida da paciente.* ***Conclusões****: analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que o tratamento fisioterapêutico aplicado no estudo, associando exercícios gerais (alongamentos e fortalecimentos), terapia manual, eletroterapia e estabilização segmentar, apresentou resposta significativa sobre a qualidade de vida da paciente, pois proporcionou o controle do quadro álgico, aumento da força muscular e ganho na amplitude de movimento articular na coluna lombar. Possibilitado a paciente o retorno a suas atividades de vida diária normal.*

***Palavras chave****: Hérnia de disco. Tratamento fisioterapêutico. Qualidade de vida.*

## 1. INTRODUÇÃO

A hérnia de disco é uma patologia crônica que se da por uma afecção na coluna vertebral, sendo muito comum nos dias atuais. Advém por uma lesão que ocorre nos discos intervertebrais, que compõem a coluna vertebral. (CARVALHO, L. B, et al., 2013). O disco intervertebral por sua vez, é uma estrutura fibrosa e cartilaginosa que no seu centro possui um líquido gelatinoso, o núcleo pulposo, que fica entre as vértebras da coluna vertebral. Esse anel fibroso, quando fissura , permite que este líquido gelatinoso que está mantido no seu centro se propague para fora da sua estrutura, originando a hérnia de disco. Tendo então, a possibilidade de pressionar as raízes nervosas no canal vertebral, conforme sua localização. Os seus sintomas aparecem de acordo com o tamanho, tipo, localização e grau de envolvimento radicular. Geralmente se dão por quadro álgico na lombar com irradiação para o membro inferior comprimido. (CARVALHO, L. B, et al.,2013).

Consiste em uma doença crônica e degenerativa da coluna vertebral, e a que ocorre com mais frequência na região lombar. Provocando quadro álgico e alteração da sensibilidade nos membros inferiores. Ocorre por múltiplos fatores, causando um grande impacto na qualidade de vida, nos aspectos emocionais e sócio econômicos, podendo até afastar indivíduos afetados de sua atividades de vida diária. (ALMEIDA, T. R. S. H, et al., 2014).

Surge com maior frequência em indivíduos de 30 a 50 anos de idade (idade média de 37 anos), apesar de ocorrer em todas as faixas etárias, porém com menor incidência. Estima-se que atualmente 2 a 3% da população possam ainda ser afetados, com uma prevalência maior em homens 4,8%, e menor em mulheres 2,5%, acima de 35 anos de idade. (VIALLE, L.R. et al., 2010).

O tratamento de primeira escolha para hérnias discais é o conservador, não cirúrgico, e tem como objetivos: alívio do quadro álgico, aumento da capacidade funcional e o retardo da progressão da doença, associado ao tratamento fisioterapêutico. (ALMEIDA, T. R. S. H, et al., 2014). Diante desse contexto, o presente trabalho objetivou verificar a eficácia de um programa de tratamento fisioterapêutico na hérnia de disco lombar, quanto a dor e a incapacidade.

## 2. METODOLOGIA

O estudo realizado é do tipo descritivo, longitudinal e quali-quantitativo do tipo estudo de caso. A população e amostra foi composta por conveniência , sendo uma paciente de 31 anos, do sexo feminino, educadora, com diagnóstico clínico de hérnia de disco lombar em L4, L5 e S1, residente do município de Erechim – RS. Para os critérios de inclusão, foi necessário apresentar alguma patologia ortopédica e concordar e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). No critério de exclusão, o paciente não poderia faltar mais de duas sessões sem aviso prévio, e não concordar com algum item do TCLE.

Inicialmente, a paciente foi esclarecida sobre o tratamento, e esta concordou em participar e assinar um termo de permissão e compromisso, com a autorização do uso de imagens para fins acadêmicos.

Na avaliação fisioterapêutica, foram colhidas informações através da anamnese e realizado o exame físico, onde foi verificado a amplitude de movimento a partir de medidas feitas com goniometro, que são usadas pelo fisioterapeuta para quantificar a limitação dos ângulos articulares e decidir a intervenção fisioterapêutica mais apropriada. Na avaliação da ADM obtiveram-se os seguintes dados:

**Quadro 1: Dados da avaliação em relação a goniometria lombar.**

| **Goniometria Lombar** | **Avaliação** |
|---|---|
| Flexão | 44° |
| Extensão | 20° |
| Flexão lateral direita | 7° |
| Flexão lateral esquerda | 12° |
| Rotação direita | 20° |
| Rotação esquerda | 24° |

**Quadro 2: Dados da avaliação em relação a goniometria de membro inferior.**

| **Goniometria Quadril** | **Direito** | **Esquerdo** |
|---|---|---|
| Flexão | 40° | 78° |
| Abdução | 30° | 36° |
| Adução | 12° | 16° |
| **Tornozelo** | | |
| Plantiflexão | 32° | 34° |
| Dorsiflexão | 8° | 12° |

Foi verificado a força muscular da paciente, através da prova de função muscular, com resultados listados abaixo.

**Quadro 3: Dados da avaliação quanto à força muscular no membro inferior.**

| **Quadril** | **Grau** |
|---|---|
| Flexão | 3 |
| Abdução | 3 |
| Adução | 3 |
| **Tornozelo** | |
| Plantiflexores | 4 |
| Dorsiflexores | 4 |

**Quadro 4: Dados da avaliação quanto a força muscular da coluna lombar.**

| Lombar | Grau |
|---|---|
| Flexão | 3 |
| Extensão | 3 |
| Flexão lateral direita | 3 |
| Flexão lateral esquerda | 3 |
| Rotação direita | 3 |
| Rotação esquerda | 3 |

Para graduar a dor foi utilizado a escala visual analógica (EVA) que avalia a intensidade da dor de 0 – 10.

Para avaliar a incapacidade da paciente em suas atividades foram aplicados dois questionários, o índice Oswestry 2.0 de incapacidade, onde a pontuçõo foi de 14 pontos, totalizando 28% apresentando uma Incapacidade moderada. E o questionário Roland – Morris de incapacidade, que totalizou 15 pontos do total de 24 pontos.

As sessões foram realizadas na Clínica de Escola de Fisioterapia do Centro de Estágios e Práticas Profissionais – URICEPP, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, na cidade de Erechim / RS, a partir da prática clínica no Estágio Supervisionado Ambulatorial II, Fisioterapia nas Disfunções Musculoesqueléticas. Os atendimentos foram realizados três vezes por semana com duração de 50 minutos por sessão. O início do tratamento ocorreu no dia 03 de maio e procedeu até o dia 27 de junho de 2018, sendo realizadas 19 sessões.

Na anamnese foram colhidos dados respectivos a doença e ao mecanismo de lesão. Onde segundo relato da paciente há cerca de dois anos atrás iniciaram os sintomas de dor lombar irradiado para o membro inferior direito. Devido a movimentos repetitivos e irregulares em casa e no trabalho. Onde após consulta médica e exame físico foi diagnosticado hérnia de disco lombar em L4, L5 e S1.

Durante a avaliação fisioterapêutica a paciente apresentava dor 8/10 EVA,e parestesia irradiado para o membro inferior direito. No exame físico através da palpação, ela apresentou dor na região de L4, L4 e S1, parestesia na região de glúteo posterior e lateral, dor na musculatura dos paravertebrais na região lombar, e dor na realização de todos os movimentos para a goniometria e teste de força. Em casa e no trabalho ela realizava suas atividades de vida diária com algumas restrições devido a dor. Como testes especiais foram realizados o teste de laségue , dando positivo para compressão do lado direito, teste de thomas positivo bilateral e pelo ângulo poplíteo encurtamento dos isquiotibiais. Na avaliação postural observou-se hiperlordose lombar e hipercifose torácica.

O Protocolo fisioterapêutico se baseou na redução do quadro álgico na região de L4, L5, e S1, irradiada para o glúteo posterior e lateral; diminuição da parestesia na região de glúteo lateral; restauração da amplitude de movimento da coluna lombar dos flexores, extensores, inclinadores laterais direito e esquerdo, e rotadores; e dos flexores de quadril; aumentar a força de todos os movimentos da coluna lombar, e flexores, extensores, abdutores e adutores do quadril, técnicas de terapia Manual; eletrotermofototerapia; alongamento muscular do tronco e MMII; fortalecimento abdominal; estabilização do core; fortalecimento dos paravertebrais e multífidos; tração lombar grau I e II isostretching e massoterapia.

## 3. RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir referem-se ao grau de força muscular, a avaliação da amplitude de movimento antes e após o programa de tratamento fisioterapêutico. Onde obteve uma melhora significativa de ambos.

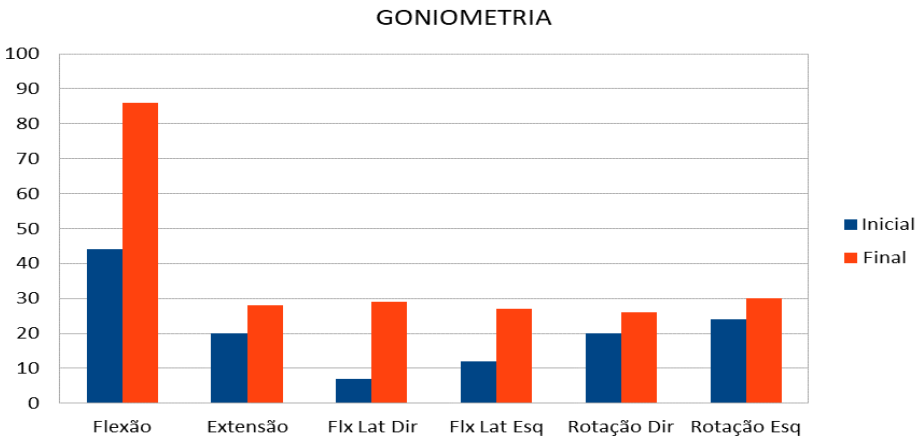



**Gráfico 1 – Caracterização da amplitude de movimento da coluna lombar antes e após o tratamento proposto.**

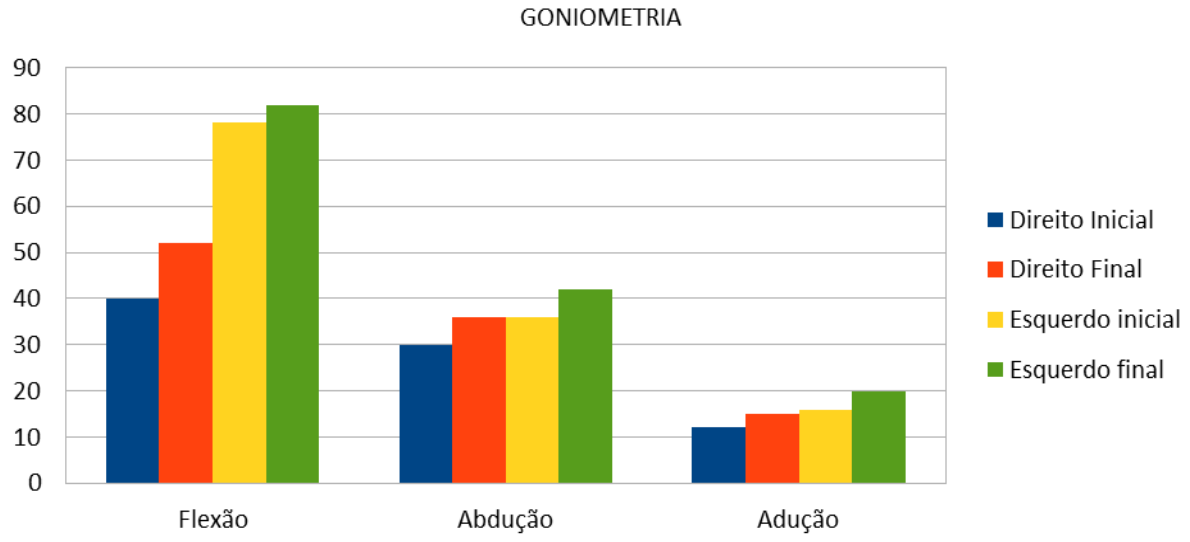



**Gráfico 2 – Caracterização da amplitude de movimento do membro inferior antes e após o tratamento proposto.**

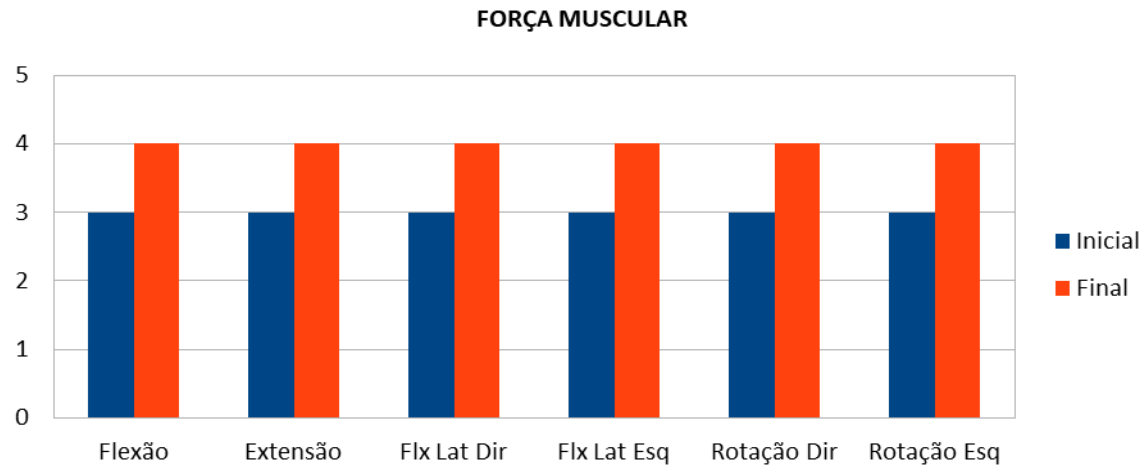



**Gráfico 3 – Caracterização quanto à força muscular da coluna lombar antes e após o tratamento proposto.**

O gráfico 1 e 2 apresentam dados da avaliação e reavaliação da amplitude de movimento, podendo ser observado que durante a realização das 19 sessões ocorreu aumento significativo na amplitude de movimento das articulações trabalhadas. No gráfico 3 foi elencado o grau de força muscular na avaliação e reavaliação da coluna lombar, sendo possível constatar aumento da força nos grupos musculares trabalhados.

## 4. DISCUSSÃO

Segundo (NETO, M.G, et al., 2017) Há varios estudos com controversas em relação ao tratamento de lombociatalgias, porém exercícios de estabilização segmentar vem crescendo em número de resultados mais benéficos, quanto dor e função em pacientes com lombociatalgia. Estes exercícios visam melhoram a força e função de músculos específicos do tronco, melhorando o movimento intersegmentar da coluna e permitindo o paciente a recuperar o controle e a coodenação da coluna vertebral. Ainda assim não há evidências que apoiem a superioridade de uma forma de exercício sobre outra.

São diversos os tratamentos empregados para hérnia de disco, de acordo com a evolução da patologia e do caso específico de cada paciente. Tais como, tratamento medicamentoso, cirúrgico e o tratamento fisioterapêutico empregando o uso de eletroterapia, exercícios gerais, terapia manual e exercícios de estabilização. Entretanto como citado anteriormente, a efetividade dessas intervenções não esta totalmente comprovadas na literatura. A certeza que se

tem é que o tratamento conservador é tido como primeira escolha no tratamento da hérnia de disco, e não o cirúrgico, que é usado somente em casos mais graves. (LIZIER, D.T. et al., 2012).

Segundo (FRANÇA, F.R, et al., 2010) deveria ser feito uma padronização de exercícios para hérnia de disco lombar, bem como a duração, frequência e o tempo de tratamento, como a aplicação das técnicas mais eficazes para tal. Diminuindo assim os riscos de interpretações e tratamentos errôneos , que muitas vezes se feitos de forma incorreta, podem sem prejudiciais à saúde.

(NEGRELLI, W.F, 2001) em uma revisão de literatura, discorre que para diminuir os casos de dor lombar e consequentes lombociatalgias é necessário se obter um euilíbrio nas estruturas que compõe a coluna vertebral. Porém é uma tarefa muito difícil, devido às constantes mudanças de postura realizadas diariamente, expondo a coluna vertebral como um todo a uma série de agravos.

Em um estudo sobre a eficácia da estimulação elétrica transcutânea (TENS) na dor lombar, verificou-se que ele é eficaz na diminuição da dor, porém não na melhora da função. A TENS é uma das modalidades mais usadas para diminuir a dor muscular, ela age por meio da inibição da transmissão dos estímulos no corno dorsal, da medula espinhal, ativando os interneurônios inibitórios, controlando a dor. (SANTOS, E. A , 2007).

A terapia manual é uma técnica a qual o fisioterapeuta utiliza das mãos para realizar, mobilizando o tecido muscular, ósseo, nervoso e conjuntivo visando o equilíbrio e a normalização dessas estruturas, sendo capaz também de diminuir a dor muscular. Tem como principais objetivos aliviar os sintomas de dor, diminuir aderências, espasmos musculares, assim como restaurar o movimento e aumentar a flexibilidade dos tecidos musculares. Dentre a técnicas de terapia manual à a pompage, que é uma das mais simples e de fácil aplicação, trazendo benefícios imediatos ao paciente. Ela pode ser usada para preparar a musculatura para manobras futuras, como também no fim da sessão para relaxamento muscular. (BARROS, G. D, 2007).

Segundo SILVA, V. J; MAIA, D. P . M.; 2007, um método bastante utilizado e bastante eficaz na dor lombar é o isostretching. Caracterizado por um método que visa a correção postural através de posturas corretas que visam o autocrescimento. São trabalhadas posturas com contração isométrica do tronco, e respiração com uma expiração prolongada realizando movimentos para dificultar as posturas. Tem como intuito a reeducação da postura corporal, trazendo uma maior elasticidade, alongamento, fortalecimento e diminuição das tensões musculares, promovendo uma melhor conciêntização corporal, e melhor qualidade de vida.

Diante de vários estudos, se destaca a importância de um tratamento bem planejado e bem feito na lombociatalgia. Utilizando um misto de técnicas que se bem aplicadas tem um efeito benéfico na diminuição da dor, incapacidade e melhora da função. Assim são raros os casos de intervenção cirúrgica, fazendo da fisioterapia a forma mais eficaz de tratamento. É importante que os exercícios sejam prescritos de acordo com cada quadro clínico que o paciente apresenta. Por isso, é de fundamental importância que seja feita uma boa avaliação fisioterapêutica, apontando todas queixas e realizando um ótimo plano de tratamento, a fim do melhor processo de reabilitação possível. (IMAMURA, S.T, et al., 2001).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que o tratamento fisioterapêutico aplicado no estudo, associando exercícios gerais (alongamentos e fortalecimentos), terapia manual, eletroterapia e estabilização segmentar, apresentou resposta significativa sobre a qualidade de vida da paciente, pois proporcionou o controle do quadro álgico, aumento da força muscular e ganho na amplitude de movimento articular na coluna lombar. Possibilitado a paciente o retorno a suas atividades de vida diária normal.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. R. S. H, et al, 2014. Hérnia de disco lombar: Riscos e prevenção. *Revista Ciência Saúde Nova Esperança*, v.12, n.2.

BARROS, G.D, 2007. Terapias Manuais na Lombalgia: Revisão da literatura . Pós-graduação em Reabilitação em Ortopedia e Traumatologia com ênfase em Terapia Manual – *Faculdade Ávila*.

CARVALHO L.B , et al, 2013. Hérnia de disco lombar: tratamento. *Acta Fisiatria*. v. 120. n.2. pág. 75-82.

FERREIRA, P.H et al, 2006. Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: A systematic review. Australian *Journal of Physiotherapy*. v. 52, n.2, pág 79-88.

FRANÇA, F.R, et al, 2010. Segmental stabilization and muscular strengthening in chronic low back pain - a comparative study. *CLINICS*. v.65, n.10, pág 1013 – 1017.

IMAMURA, S.T. et al, 2001. Lombalgia. *Revista Médica*. v.80, pág 375 – 390, São Paulo.

JOHNSTON. C. et al, 2006. Escore funcional e de dor após cirurgia de hérnia de disco lombar e fisioterapia precoce. *Scientia Médica*, Porto Alegre: PUCRS, v. 16, n. 4, out./dez.

LIZIER, D.T. et al, 2012. Exercícios para Tratamento de Lombalgia Inespecífica. *Revista Brasileira de Anestesiologista*. v. 62, n.6, pág 838-846.

MACEDO, L.G, et al. 2009. Motor Control Exercise for Persistent, Nonspecific Low Back Pain: A Systematic Review. *Physical Therapy*. v. 89, n.1, pág 9 – 25.

NETO, M.G, et al. 2017. Stabilization exercice compared to general exercices or manual therapy for the management of low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in sport*. v.23.
NEGRELLI, W.F, 2001. Hérnia discal: Procedimentos de tratamento. *Acta ortopedia brasileira*. v.9 ,n. 4.
SANTOS, E. A, 2007. O uso do tens na lombalgia crônica . Pós-graduando em Fisioterapia Traumato-Ortopedia com ênfase em Terapias Manuais. *Faculdade Ávila.*
SILVA, V. J ; MAIA, D. P . M, 2008. O uso do Método Isostretching no tratamento da Lombalgia. Pós-graduação em Traumato-ortopedia com Ênfase em terapias manuais – *Faculdade Ávila*.
VIALLE, L.R. et al, 2010. Hérnia discal lombar. *Revista brasileira de ortopedia*. v.46. n.1.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são o único responsável pelo material impresso incluído neste trabalho.

# EFEITOS DE UM PROTOCOLO FISIOTERAPÊUTICO NO PÓS-OPERATÓRIO DE FRATURA INTER-CONDILAR DISTAL DE ÚMERO: UM RELATO DE CASO.

**CAMILA PRESOTTO**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
camila.presotto@hotmail.com

**HEVELLEN S. RIBEIRO FERRAZ ROSA**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
hevellen_ribeiro@hotmail.com

**KARINE ANGÉLICA MALYSZ**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
karimalysz@hotmail.com

**MARI LUCIA SBARDELOTTO**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
marisbard89@gmail.com

**JANESCA MANSUR GUEDES**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
janescaguedes@yahoo.com.br

**ANA LUCIA BERNARDO de CARVALHO MORSCH**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
anamorsch@uricer.edu

***Resumo.*** *As fraturas distais do úmero como as supracondilares e intercondilares, representam 1% das fraturas de membro superior no adulto. Por sua característica anatômica, são lesões complexas e de difícil tratamento. A cirurgia aberta com fixação interna continua a ser o padrão de cuidados no tratamento de fraturas intra-articulares do úmero distal no paciente fisiologicamente ativo. Para evitar comprometimento funcional pós-operatório, a introdução de um programa de reabilitação precoce, juntamente com a ênfase no uso precoce do cotovelo melhora o sucesso funcional da técnica de fixação de fraturas. Desta forma, o presente estudo objetiva expor um relato de caso referente aos Efeitos de um protocolo fisioterapêutico no pós-operatório de fratura inter-condilar distal de úmero. O atendimento foi realizado pelo serviço de Cinesioterapia da Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, na cidade de Erechim, estado do Rio Grande do Sul. Realizaram-se 20 sessões de atendimentos fisioterapêuticos, com duração de 50 minutos, duas vezes na semana, durante o período de 08 de agosto de 2017 até 28 de setembro de 2017. Foram avaliados, antes e após as intervenções, a ADM da articulação do cotovelo, antebraço e punho, força de preensão palmar e perimetria do cotovelo. Observou-se aumento considerável da ADM, força de preensão palmar e diminuição da circunferência da articulação do cotovelo, bem como aumento da capacidade funcional do membro superior*

*esquerdo. A cinesioterapia mostrou-se benéfica principalmente para o ganho da amplitude de movimento da articulação do cotovelo e antebraço, sendo esses, os mais afetados pelo processo cirúrgico.*

***Palavras-chave:*** *Fratura distal do úmero, cinesioterapia, pós-operatório.*

## 1. INTRODUÇÃO

As fraturas supracondilares e intercondilares do úmero (FSICU) representam aproximadamente 1% das fraturas do adulto e, devido às características anatômicas da metáfise distal do úmero, são lesões complexas e de difícil tratamento (CHECCHIA et al, 2003 apud JUPITER et al, 1985).

As fraturas intra-articulares são as fraturas condilares medial e lateral, e também fraturas intercondilares em T e Y, sendo esse tipo de fratura um grande desafio cirúrgico. As fraturas intercondilares são resultantes de forças de compressão em combinação com sobrecarga vara ou valga de cotovelo, onde o impacto direto da ulna até o sulco troclear pode causar divisão condilar. Geralmente ocorrem por queda sobre o membro superior com cotovelo em extensão com a mão aberta ou por golpe direto no cotovelo (HOISINGTON; THOMAS, 2001).

Segundo Sanchez-Sotelo et. al. (2007), as chances de comprometimento funcional e deformidade são muito elevadas após o tratamento conservador das fraturas intra-articulares distal do úmero, e a fixação interna estável pode ser difícil de conseguir devido à complexidade da fratura e osteoporose associada.

A cinesioterapia é uma escolha eficaz no tratamento de pós-operatório de fraturas, em virtude da utilização de exercícios terapêuticos para restaurar a função física, visto que se trata de movimentos corporais planejados os quais buscam a mobilidade, diminuição do quadro inflamatório, prevenção de fenômenos tromboembólicos, alívio do quadro álgico, normalização da amplitude de movimento (ADM), ganho de resistência e força muscular (FRONTERA et al, 2001; KYSNER; COLBEY, 2005).

## 2. METODOLOGIA

O presente artigo relata um estudo de caso de um adulto com pós-operatório de fratura intercondilar distal do úmero do membro superior esquerdo, possui um caráter descritivo, com abordagem quantitativa. A amostra foi intencional, composta por um paciente. O mesmo, assinou o Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), onde foi informado sobre a exposição de seus dados neste estudo, consentindo a participar.

O atendimento foi realizado pelo serviço de Cinesioterapia da Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, na cidade de Erechim, estado do Rio Grande do Sul. Realizaram-se 20 sessões de atendimentos fisioterapêuticos, com duração de 50 minutos, duas vezes na semana, durante o período de 08 de agosto de 2017 até 28 de setembro de 2017.

### 2.1 Descrição do caso

Paciente do sexo feminino, 40 anos, casada, fisioterapeuta, com o diagnóstico de pós-operatório de redução aberta com fixação interna de fratura intercondilar distal do úmero com osteotomia do olécrano da ulna do membro superior esquerdo. No dia da avaliação inicial, a paciente encontrava-se no 24º dia de pós-operatório, fazendo uso de tipoia ombro e braço. Segundo informações colhidas (SIC) com a paciente, na história da doença atual (HDA) relata ter sofrido uma queda durante uma aula de patins, onde se desequilibrou caindo de costas com a o membro superior esquerdo estendido e com a mão aberta afim de diminuir o impacto com o solo, ocorrendo a fratura distal do úmero. Sua queixa principal "é a dor e desconforto na articulação do cotovelo ao realizar a flexão e extensão de cotovelo, pronação e supinação do antebraço forçando uma amplitude de movimento maior, e a noite o cotovelo está mais edemaciado, sentindo uma dor como ardência e queimação na articulação do cotovelo, dificultando a posição do membro ao dormir". Também, relata sentir dor e desconforto na região de cervical baixa e trapézio superior esquerdo. No momento da avaliação, mensurou a sua dor em 8/10 em Escala visual analógica (EVA) ao mobilizar ativamente a articulação do cotovelo forçando maiores amplitudes.

No exame físico, apresentou na inspeção edema de proporção moderada envolvendo toda a articulação do cotovelo, aspecto da pele mais fina, de cor avermelhada com presença de manchas roxas na porção medial do cotovelo, cicatriz bem alinhada com pontos de hipertrofia e formação de pontos com crosta, localizada na porção

posterior do cotovelo que se estende para a porção distal do úmero e proximal do antebraço. Na palpação, sobre a articulação do cotovelo a temperatura apresentava-se mais elevada, a cicatriz aderida e hiposensível em toda a sua extensão, dor a palpação local do cotovelo e porção superior do antebraço.

### 2.2 Instrumentos de avaliação

Inicialmente, realizou-se a avaliação fisioterapêutica com a anamnese composta pelos dados pessoas, sinais vitais, perguntas referentes a queixa principal, história da doença atual, uso de medicamentos e avaliação do membro superior esquerdo através do teste funcional de membro superior.

Para a avaliar a dor, foi utilizado a Escala Visual Analógica (EVA) (gráfico 1). Para avaliação da amplitude de movimento (ADM), realizou-se mobilização ativa dos membros superiores através da goniometria com goniômetro com marcação de 0° (zero) a 360°. Desta forma, foi avaliado para flexão e extensão do cotovelo, pronação e supinação do antebraço, flexão e extensão de punho, desvio radial e ulnar de punho (gráfico 2). A avaliação da força muscular de preensão palmar foi realizada através do uso de Dinamômetro manual com marcação de 0 a 30 kg, onde a paciente realizou 3 medidas de força de preensão palmar, foi utilizado a média das 3 mensurações (gráfico 3). A avaliação do edema se deu através da perimetria do membro superior esquerdo, utilizado a olecrano como ponto de marcação inicial (gráfico 4). Pelo exame de raio x, pode-se observar o local das fraturas e das placas de compressão, parafusos e banda de tensão utilizados para a redução.

### 2.3 Protocolo de tratamento

Após a avaliação inicial, foram traçados os seguintes diagnósticos fisioterapêuticos: processo de cicatrização e edema moderado na porção posterior do cotovelo esquerdo; dor a mobilização ativa no cotovelo e antebraço esquerdo; dor a palpação local no antebraço porção superior proximal e do cotovelo esquerdo; dor a mobilização ativa do punho esquerdo; cicatriz aderida e hiposensível; diminuição das amplitudes de movimento ativas e passivas da articulação do cotovelo e antebraço esquerdo; diminuição de força dos flexores e extensores de punho e dedos, diminuição de força da preensão palmar; aumento da tensão muscular e pontos gatilhos na cervical e trapézio superior;

Ao término das 20 sessões, a paciente foi reavaliada segundo a amplitude de movimento do cotovelo, antebraço e punho, força de preensão palmar e perimetria do cotovelo.

## 3. RESULTADOS

Em relação a dor na articulação do cotovelo e antebraço esquerdo, observa-se na Fig. 1 que, de forma geral, a mesma diminuiu ao final dos atendimentos em comparação a dor que a paciente relatava inicialmente.

Figura 1 - Dor no cotovelo e antebraço antes e após os atendimentos de fisioterapia através da Escala Visual Analógica (EVA).

Em relação a amplitude de movimento da articulação do cotovelo, antebraço e punho, constatou-se aumento considerável, como apresentado no Fig. 2 a seguir.

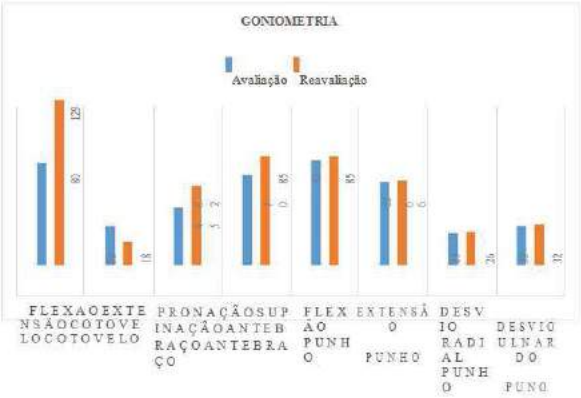



Figura 2 – Avaliação da amplitude de movimento antes e após os atendimentos fisioterapêuticos, através da goniometria.

Da mesma forma, pode-se notar ganho de força de preensão palmar após o término dos atendimentos, conforme apresenta a figura 3.

Figura 3 – Força de preensão palmar antes e após intervenção, através da dinamometria.

A perimetria mostrou diminuição da circunferência da articulação cotovelo e antebraço proximal, porém, houve um aumento de 1cm na porção de úmero proximal decorrente do ganho de hipertrofia muscular, conforme apresenta a figura 4.

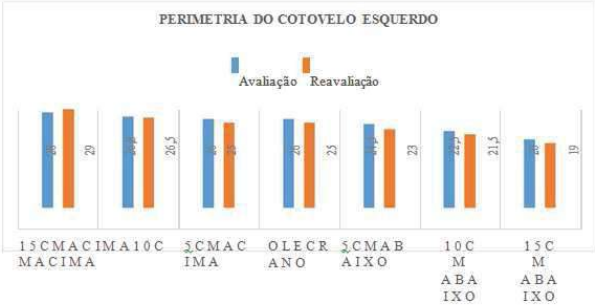



Figura 4 – Perimetria da articulação do cotovelo esquerdo antes e após intervenção.

Segundo relatos da paciente, após as intervenções fisioterapêuticas houve redução das dores e desconfortos na região do cotovelo e antebraço. Pelo aumento da amplitude de movimento da articulação do cotovelo, antebraço e punho, está conseguindo retomar as suas atividades de vida diária de forma independente.

## 4. DISCUSSÃO

A cirurgia aberta com fixação interna continua a ser o padrão de cuidados no tratamento de fraturas intra-articulares do úmero distal no paciente fisiologicamente ativo, porém pode acarretar limitações de amplitude de movimento, dor, edema e diminuição da força muscular, como o observado no presente estudo (MCKEE et al., 2000).

Gosling (2013) em seu estudo de revisão sobre o mecanismo de ação e efeitos das técnicas de fisioterapia no tratamento da dor, constatou que a fisioterapia é positiva para o alívio dos sintomas álgicos e ganho de funcionalidade através de protocolo que utilize condutas eletro terapêuticas, objetivam o ganho de amplitude de movimento e força muscular, bem como aqueles que consistem de técnicas manuais, corroborando com os resultados apresentados no presente estudo.

Segundo Aksoy et al (2010), as abordagens atuais de tratamento visando mobilização pós-operatória precoce resultaram em melhores resultados funcionais e diminuições nas taxas de complicação, assim como no estudo atual, o paciente iniciou as mobilizações já no sexto dia após a retirada da imobilização gessada. Não obstante, Babhulkar (2011) enfatiza que a introdução de um programa de reabilitação precoce, juntamente com a ênfase no uso precoce do cotovelo melhora o sucesso funcional da técnica de fixação de fraturas. O movimento deve ser iniciado nos primeiros dias do pós-operatório, realizando suaves mobilizações ativo-assistida e ativa, aumentando gradualmente a amplitude de movimento do cotovelo e antebraço.

Em sua revisão de literatura, Atalar et al (2009) relatam que o movimento ativo é recomendado no início do período pós-operatório, o movimento passivo é recomendado após a sexta semana de pós-operatório, e considerando que exercícios de resistência passivos são recomendados de oito a dez semanas de pós-operatório. Neste período, no entanto, exercícios de alongamento passivos são geralmente adiados devido à dor na articulação do cotovelo, bem como no presente estudo onde seguiu-se uma sequência de exercícios e mobilizações resultando em alterações satisfatórias.

Segundo Santana, Urquiza e Alencar (2012) há várias formas de tratamento com diferentes técnicas e recursos cinesioterapêuticos utilizados, porém a melhor é aquela dirigida para a restauração da função, proporcionando o retorno dos indivíduos às suas atividades diárias e profissionais o quanto antes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cinesioterapia mostrou-se benéfica principalmente para o ganho da amplitude de movimento da articulação do cotovelo e antebraço, sendo esses, os mais afetados pelo processo cirúrgico.

É necessária a continuidade do tratamento conforme progride o processo de formação do calo ósseo, aumentando de forma gradual as amplitudes, a resistência, a força e potência dos movimentos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKSOY S.M., İZDEŞ S., KÖMÜRCÜ M., BOZKURT M., BAŞBOZKURT M. 2010. “Utilization of axillary brachial plexus block in the postoperative rehabilitation of intra-articular fractures of the distal humerus”.Acta Orthopedy Traumatologic Turca. v.44, n.2, p.111-116.

ALBERTONI, W. M. et al. 2002. “Fraturas instáveis da extremidade distal do rádio: estudo multicêntrico”. Revista Brasileira de Ortopedia, São Paulo. v. 37, n. 9, p. 436-44.

ATALAR AC, DEMIRHAN M, SALDUZ A, KILIÇOĞLU Ö, SEYAHI A. 2009. “Functional results of the parallel-plate technique for complex distal humerus fractures”. Acta Orthopedy Traumatologic Turca. v.43, n.1, p.21-7.

CHECCHIA S. L. et al. 2003. “Avaliação dos resultados do tratamento cirúrgico das fraturas supra e intercondilares do úmero em pacientes acima de 60 anos” . Revista Brasileira de Ortopedia. v. 38, n.11.

FRANKLE M.A., HERSCOVICIW D., J.R., DIPASQUALE T.G, VASEY M.B., SANDERS R.W. A. 2003. “Comparison of open reduction and internal fiation and primary total elbow arthroplasty in the treatment of intrarticular distal humerus fractures in women older than age 65”. Journal Orthopedy Trauma. v. 17, n.1, p.47-9.

FRONTERA, Walter R.; DAWSON, David M; SLOVIK, David M. 2001.Exercício físico e reabilitação. Porto Alegre: Artmed. 420 p.

GOSLING A. P. 2013. “Mecanismos de ação e efeitos da fisioterapia no tratamento da dor”. Revista da Dor. São Paulo. v.13, n.1, p.65-70.

SANTANA, E. M. F., URQUIZA P. K., ALENCAR J. F. 2012. “Terapia manual em um paciente politraumatizado: relato de caso”. Revista Brasileira Ciências da Saúde. v.16, n.3, p.463-466.

SUSHRUT B. 2011. "Controversies in the management of intra-articular fractures of distal humerus in adults". Indian Jounal Orthopedy. v.45, n.3, p.216-225.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO EM PACIENTE COM ENTORSE AGUDO DE TORNOZELO

**CAMILA PRESOTTO**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**camila.presotto@hotmail.com**

**JANESCA MANSUR GUEDES**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**janescaguedes@yahoo.com.br**

**CAREN PICCOLI MARONEZZI**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**carentpicolli@hotmail.com**

**FABRIZZIO PELLE PEREZ**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**fabrizziopelle@yahoo.com.br**

**ZEQUIELA RUSSI**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**zequirussi@yahoo.con.br**

**ANA LUCIA BERNARDO de CARVALHO MORSCH**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**anamorsch@uricer.edu**

***RESUMO.*** *O entorse de tornozelo (ET) é provavelmente uma das lesões mais comuns dentre as patologias músculo-esqueléticas. Estima-se que ocorra uma lesão por inversão do tornozelo de 1-3 por dia para cada 10.000 pessoas. O presente estudo trata-se de um caso clínico de entorse agudo de tornozelo com aplicação de um protocolo de tratamento fisioterapêutico conservador. A partir do diagnóstico fisioterapêutico traçado, foi elaborado um protocolo de tratamento, onde foram traçados objetivos e condutas para o mesmo. Conclui-se que o tratamento fisioterapêutico conservador apresentou bons resultados quanto a diminuição da dor e edema na fase aguda do entorse de tornozelo. E a médio e longo prazo pode-se observer melhora da ADM funcional e proprioceptiva do tornozelo, possibilitando bom desempenho no retorno as AVD's normais e iniciando as atividades desportivas.*

***Palavras-chave:*** *Lesões do Tornozelo; Entorse de tornozelo; Articulação do Tornozelo; Reabilitação*.

## 1. INTRODUÇÃO

O entorse de tornozelo (ET) é provavelmente uma das lesões mais comuns dentre as patologias músculo-esqueléticsa (MOREIRA, 2008) e sua incidencia é maior em indivíduos desportistas e/ou com vida ativa, devido a movimentos repentinos e violentos (pricipalmente inversão e eversão do tornozelo), podendo haver o rompimento ou estiramentos de ligamentos dessa articulação (BARONI, 2010).

Segundo Zampieri e Almeida (2003) a maior incidência do entorse de tornozelo se dá em práticas esportivas, sendo de 10% a 30% são em individuos atletas.

Os principais ligamentos estabilizadores do complexo lateral do tornozelo são: o ligamento talofibular anterior (LTFA), o ligamento calcaneofibular (LCF) e o ligamento talofibular posterior (LTFP). O LTFA se origina da borda anterior do maléolo lateral e passa anteriormente se inserindo no colo do tálus. Ele fica em paralelo ao eixo neutro do pé. Quando o pé está em flexão plantar, entretanto, o este ligamento fica tensionado. De acordo com Sacco e Takahasi (2004) o entorse mais comum se dá por um esforço de inversão quando o tornozelo está em flexão plantar que resulta em distensão dos ligamentos colaterais, o que explica o LTFA ser o mais comumente afetado.

Se a tensão de inversão se dá com o tornozelo em ângulo neutro, o ligamento calcâneo-fibular sofre impacto de distensão.

O conhecimento do mecanismo de lesão, da anatomia ligamentar, da biomecânica do tornozelo e dos fatores de risco são determinantes para o esclarecimento diagnóstico, tratamento apropriado e para delinear medidas preventivas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A estratégia metodológica desse estudo é descritiva, baseada em um caso clínico específico de entorse lateral de tornozelo (ELT) associado à revisão de literatura científica.

O estudo foi desenvolvido durante a prática clínica do Estágio Supervisionado Ambulatorial II A E B - Fisioterapia Nas Disfunções Músculo-Esqueléticas na Clínica Escola de Fisioterapia do Centro de Estágios e Práticas Profissionais – URICEPP da Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI/Erechim, onde foram realizados 12 atendimentos, 3 vezes por semana, iniciados no dia 21 de março de 2018 se estendendo até o dia 26 de abril de 2018.

As práticas foram iniciadas após as devidos esclarecimentos e aceitação do paciente, bem como, assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE. Feito isso, a coleta de dados foi efetuada por meio de análise da anamnese e exame físico.

A partir do diagnóstico fisioterapêutico traçado, foi elaborado um protocolo de, onde foram traçados objetivos e condutas para o mesmo. Ao término das sessões de fisioterapia, realizou-se uma reavaliação para verificar os resultados obtidos.

### 2.1 Descrição do caso:

Paciente do sexo masculino, vinte e três anos de idade, com diagnóstico de entorse de tornozelo grau I, por inversão.

Segundo relato do paciente, a lesão ocorreu quando estava jogando futebol, estava correndo e fez o movimento de flexão plantar e inversão do tornozelo direito ao pisar sobre a bola, no exato momento sentiu uma dor forte em toda região do tornozelo direito e edema seguido de hematoma na região latero-medial do calcâneo do MID. Em seguida, fez uso de gelo na região do tornozelo e no outro dia procurou auxilio de um médico onde foi solicitado exame de RX.

No RX apresentou integridade óssea dos ossos do tornozelo direito e presença de fissura óssea na região da tíbia distal direita. Procurou atendimento fisioterapêutico após 5 dias de lesão.

No exame físico o paciente apresentou: Dor na região posterior e inferior do maléolo lateral e dor na região póstero-inferior do maléolo medial do tornozelo direito; Dor pontual na região anterior da tíbia ao realizar movimento de dorsiflexão do tornozelo direito; Dor no tornozelo direito, ao descarregar o peso sobre o MID; Edema em toda região de maléolo lateral e medial do tornozelo direito; Derrame articular (hematoma) na região latero-medial do calcâneo do MID; Diminuição da adm (dorsiflexão, plantiflexão e inversão) do tornozelo direito; Diminuição da força muscular do tornozelo direito (plantiflexores, dorsiflexores, inversores e eversores).

## 3. RESULTADOS

Para avaliação fisioterapêutica foram utilizadas as mensurações bilaterais de Goniometria e Perimetria e Força muscular do tornozelo (avaliação e reavaliação). Além da avaliação da dor, pela Escala Visual Analógica (EVA), em torno das 12 sessões de fisioterapia. Também foi aplicado o questionário Foot and akle Outcome Score (FAOS), validado para língua portuguesa (IMOTO et al. 2009), para avaliação da dor e função do tornozelo direito, aplicado no inicio do tratamento e na reavaliação.

Foram realizados os testes específicos para o tornozelo direito, avaliando dor ou instabilidade articular e mobilidade articular (Tabela 1).

Tabela 1: Testes específicos para o tornozelo, realizados durante avaliação inicial para entorse de tornozelo.

| **TESTES ESPECÍCIFICOS** | **TORNOZELO DIREITO** |
|---|---|
| GAVETA: | NEGATIVO para instabilidade (apenas dor na inversão e dorsiflexão) |
| THOMPSON: | NEGATIVO |
| TESTE DE MOBILIDADE DO TORNOZELO NA PAREDE: | 2cm |

Para avaliação da Amplitude de Movimento (ADM) foi utilizado um goniômetro, onde foi comparado o MID e MIE, pode-se observar a diferença entra o membro sadio e o membro lesionado (Figura 1):

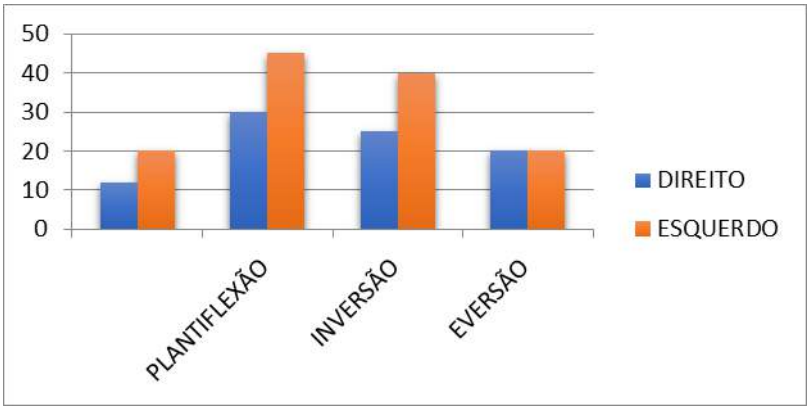



Figura 1**:** Avaliação inicial da ADM de tornozelo direito e esquerdo.

Na avaliação da Força Muscular também foi comparado o MID com o MIE (Figura 2):

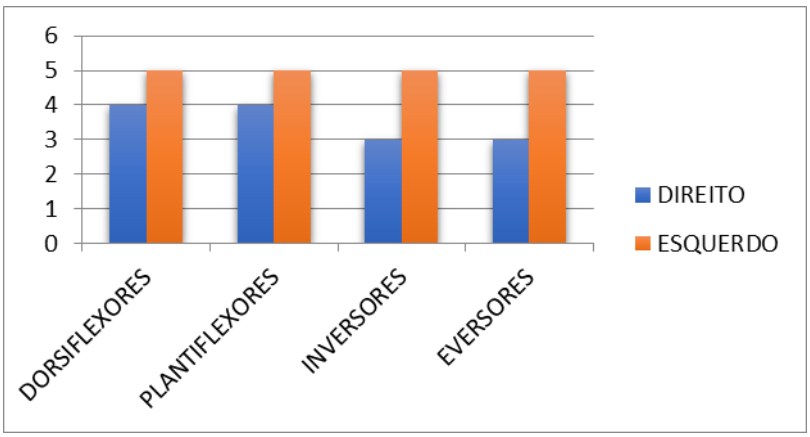



Figura 2: Na avaliação da Força Muscular também foi comparado o MID com o MIE

### a. Reavaliação

Segundo RODRIGUES e WAISBERG (2009) o objetivo do tratamento da lesão ligamentar do tornozelo é o retorno às atividades diárias (esporte/trabalho), com diminuição da dor, inchaço e inexistência de instabilidade articular.

Na reavaliação do TESTE DE MOBILIDADE DO TORNOZELO NA PAREDE o resultado na reavaliação foi de 12cm, sendo que na avaliação era de 2cm de distância.

Após 12 sessões de tratamento fisioterapêutico pode-se observar (Fig. 3) a melhora na dor, comparando a avaliação e reavaliação.

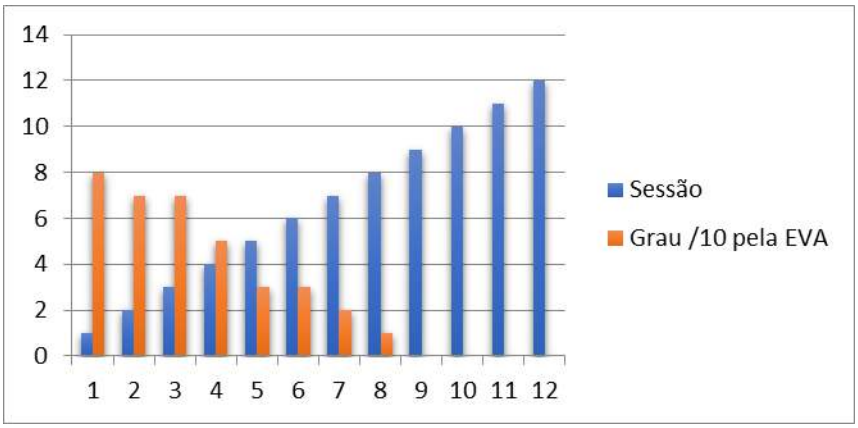



Figura 3: Graduação da dor no tornozelo direito pela EVA em 12 sessões de fisioterapia.

Na Fig. 4 observa-se a avaliação e reavaliação da Amplitude de Movimento (ADM) do tornozelo direito.

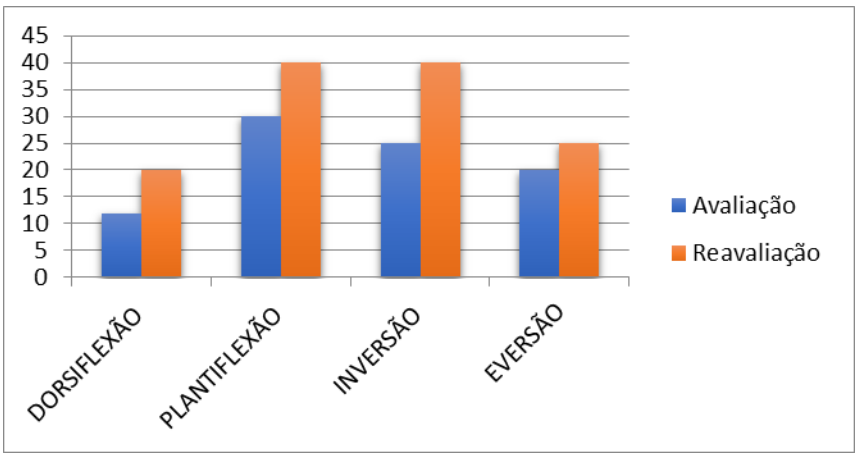



Figura 4: Avaliação e reavaliação da goniometria do tornozelo direito após 12 sessões de fisioterapia.

Na avaliação da Força Muscular obteve-se melhora, onde pode-se observar na figura abaixo (Fig. 5).

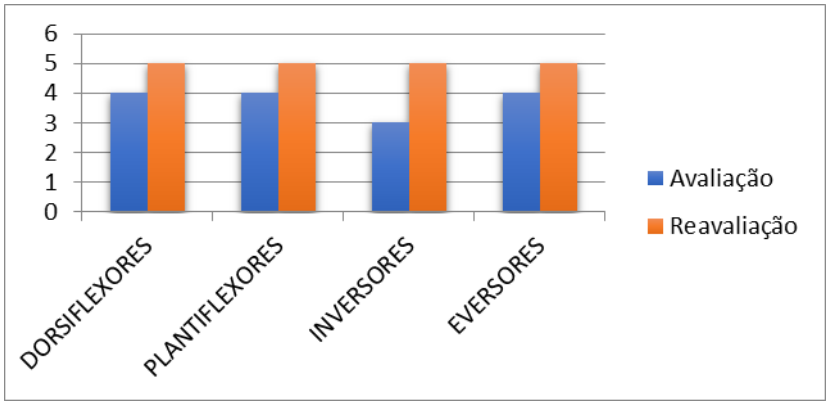



Figura 5: Avaliação e reavaliação da Força Muscular dos músculos do tornozelo direito, após 12 sessões de fisioterapia.

Na reavaliação da perimetria, apenas a mensuração Infra maleolar pode-se observer diferença através da Fig.6.

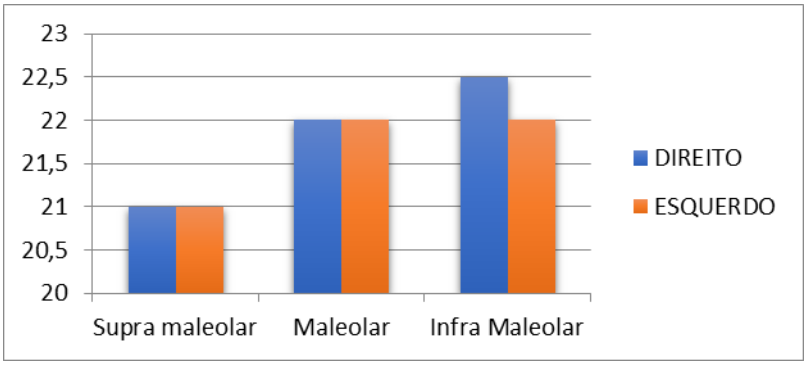



Figura 6: Comparação da perimetria do tornozelo direito e esquerdo após 12 sessões de fisioterapia, para tratamento de entorse de tornozelo direito.

## 4. DISCUSSÃO

Com o objetivo de investigar, através da revisão da literatura, quais as melhores condutas terapêuticas adotadas para tratar déficits de ADM e tratamento para diminuição da dor, no pós-trauma com lesão ligamentar de tornozelo, esse estudo selecionou 4 artigos que auxiliaram na discussão das melhores práticas para o cuidado com o paciente.

Segundo KOVALESKI et al., 2014, em alguns casos após as lesões por entorse de tornozelo, pode-se perceber a presença de rigidez articular devido o espeçamento e aderencias da capsula articular, no local da lesão. Dessa forma,essas alterações na capsula articular dependem também da gravidade, intensidade do entorse.

O estudo realizado por BARONI et al., 2011, que analizou a incidência de entorses de tornozelo em 126 atletas jogadores de futebol e futsal, verificou que 91,3% das lesões eram por inversão do tornozelo. Como é o caso relatado neste estudo.

Um estudo que foi realizado com mulheres atletas do basquetebol e voleibol comparou a resistência muscular e o torque articular em dois grupos. Um grupo tinha histórico de ET e um grupo que nao havia sofrido qualquer tipo de lesão no tornozelo e conseguiu identificar que o torque foi menor no grupo que havia história de ET, o que pode afetar as suas atividades de trabalho, sendo que esse grupo também apresentou menor torque na realização do movimento de inversão máxima do pé, esse defcit no torque pode ter influência de alguma instabilidade articular presente nesse grupo com histórico de entorse de tornozelo, BARBANERA et al., 2012.

Segundo ALENCAR e MOURA (2003), O tratamento cinesioterapêutico conservador nas lesões dos ligamentos laterais do tornozelo auxiliam no processo cicatricial e recuperação dos danos teciduais, diminui o quadro álgico, fazendo com que o indivíduo retorne às suas atividades de vida diária o mais precocemente possível, afastando a possibilidade de incômodos e riscos de um procedimento cirúrgico.

Os recursos mais utilizados na intervenção conservadora das entorses dos ligamentos laterais do tornozelo são: PRICE, exercícios de fortalecimento muscular, proprioceptivos e funcionais, além de mobilização articular passiva e ativa.

## 5. CONCLUSÃO

O tratamento fisioterapêutico conservador apresentou bons resultados quanto a diminuição da dor e edema na fase aguda do entorse de tornozelo. E a médio e longo prazo pode-se observer melhora da ADM funcional e proprioceptiva do tornozelo, possibilitando bom desempenho no retorno as AVD's normais e iniciando as atividades desportivas.

## 6. REFERÊNCIAS:

ALENCAR, A., MOURA, L. S., 2003. Efetividade Do Tratamento Cinesioterapêutico Conservador Nas Lesões Dos Ligamentos Laterais Do Tornozelo. GOIÂNIA-GO.

BARBANERA, M.; et al. 2012. Avaliação do torque de resistência passiva em atletas femininas com entorse de tornozelo. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. v.18, n.2, p. 112-116, mar./abr.

BARONI, B. M., LEAL. F. P., OLIVEIRA, M. F., LEAL. E. C., 2011. Incidência De Entorses De Tornozelo Em Atletas Adolescentes De Futebol E Futsal. UNILASALLE – RS. X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.

BARONI, Bruno Manfredini. 2010. "Adaptações neuromusculares de flexores dorsais e plantares a duas semanas de imobilização após entorse de tornozelo." Revista Brasileira de Medicina do Esporte.v.16, n.5, 29 abril 2018.

IMOTO, A. M., et al. 2009. "Tradução E Validação Do Questionário *Faos – Foot And Ankle Outcome Score* para Língua Portuguesa". Setor de Medicina e Cirurgia do Pé e Tornozelo, da Disciplina de Ortopedia do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Federal de São –UNIFESPA. Revista Ortopedia Brasil.

KOVALESKI, J.E.; et al. 2014. "Joint stability characteristics of the ankle complex in female athletes with histories of lateral ankle sprain, part II: clinical experience using arthrometric measurement." Journal of Athletic Training v.49, n.2, p. 198-203.

MOREIRA, Vitor; et al,. 2008. "Entorses do tornozelo, do diagnóstico ao tratamento." Revista Perspectiva fisiátrica, Acta Med Port. 21(3):285-292.

RODRIGUES, F. L. WAISBERG G., 2009. "Entorse de tornozelo" Revista Associação Medica Brasileira vol.55 no.5 São Paulo.

SACCO, I; TAKAHASI, H. et al. 2004. "Influência de implementos para o tornozelo nas respostas biomecânicas do salto e aterrissagem no basquete". Revista Brasileira de Medicina do Esporte, São Paulo, v 10, n. 6, nov/dez.

ZAMPIERI, C.; ALMEIDA, G.L., 2003. "Instabilidade funcional do tornozelo: controle motor e aplicação fisioterapêutica". < http://rbf-bjpt.org.br/files/v7n2/v7n2a02.pdf>. 28 abril 2018. Revista Brasileira de Fisioterapia.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITOS DE UM PROTOCOLO CINESIOTERAPÊUTICO NA REABILITAÇÃO DE UM PACIENTE COM LOMBOCIATALGIA: RELATO DE CASO

**CASSIA ROSSI BIESSEK**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**kassiarossi@hotmail.com**

**JANESCA MANSUR GUEDES**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**janescaguedes@yahoo.com.br**

**CAREN TAIS PICCOLI MARONESI**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**carentpicolli@hotmail.com**

**FABRIZZIO PELLE PEREZ**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**fabrizziopelle@yahoo.com.br**

**ZEQUIELA RUSSI**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**zequirussi@yahoo.con.br**

**ANA LUCIA BERNARDO de CARVALHO MORSCH**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**analuepm@yahoo.com.br**

***RESUMO.*** *A lombociatalgia é o sintoma clínico no qual o paciente apresenta dor lombar associada a irradiação para o(s) membro(s) inferior(es), no trajeto de uma raiz nervosa ou dermátomo. Frequentemente essa dor é em queimação ou em pontada, podendo gerar formigamento e parestesia, é pode ser causada por diversos fatores como alterações estruturais ou biomecânicas, ocasionando dor mais intensa, limitações funcionais, comorbidades mais graves e piora da qualidade de vida. A atuação da fisioterapia na reabilitação desses indivíduos é fundamental para o retorno funcional as atividades de vida diária bem como à prática de exercícios físicos. Diante disso, o presente artigo objetivou analisar os efeitos da fisioterapia convencional na reabilitação da lombociatalgia associando os achados com a literatura científica. O caso foi desenvolvido com um indivíduo do sexo masculino, na Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, na cidade de Erechim no período de 06 de março de 2017 até 27 de abril do mesmo ano. Após o tratamento, foi realizada a reavaliação, onde foi possível observar como resultados melhora na amplitude de movimento, aumento da força muscular, diminuição do quadro álgico, bem como na melhora dos aspectos da qualidade de vida do indivíduo.*
***Palavras-Chave:*** *Lombociatalgia, Fisioterapia Convencional, Cinesioterapia*

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Abreu (2015), a lombociatalgia é o sintoma clínico no qual o paciente apresenta dor lombar associada a irradiação para o(s) membro(s) inferior(es), no trajeto de uma raiz nervosa ou dermátomo. Frequentemente essa dor é em queimação ou em pontada, podendo gerar formigamento e parestesia no dermátomo correspondente, que em geral está associado a compressão de uma raiz nervosa (OLIVEIRA et. al 2016). A dor neuropática está presente em 37% a 55% dos casos de lombociatalgia, e está relacionada com dor mais intensa, comorbidades mais graves e piora da qualidade de vida (STUMP, 2016). Coelho (2017), descreve que a dor lombar é uma patologia muito fácil de ser encontrada na sociedade atual, visto que acomete de 70% a 80% da população em ambos os sexos.

Negrelli (2001), relata que 2 a 3 % da população está acometida desse processo, cuja prevalência é de 4,8% em homens e 2,5% em mulheres acima de 35 anos. Em 76% dos casos há antecedentes de uma crise lombar uma década antes do início dos sintomas (NEGRELLI, 2001), esse mesmo autor descreve que a lombociatalgia pode ser causada por diversos fatores como alterações estruturais ou biomecânicas, sendo assim é uma patologia que gera preocupação, pois causa ao seu portador dores, limitações funcionais e incapacidade.

A fisioterapia possui um importante papel na reabilitação desses indivíduos, pois intensifica a recuperação física, contribui para a máxima melhora da funcionalidade, bem como para diminuição do quadro álgico e melhora do desempenho das articulações envolvidas com ações preventivas, fazendo com que o indivíduo retorne rápido as atividades funcionais de vida diária bem como à prática de exercícios físicos proporcionando uma melhor qualidade de vida (OLIVEIRA; BRAGA, 2010).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como um relato de caso, de caráter longitudinal. O objetivo desse estudo foi descrever os efeitos da fisioterapia convencional na reabilitação da lombociatalgia à direita associando os achados com a literatura científica. Esta pesquisa foi composta por um paciente sexo masculino, 47 anos, motorista, residente da cidade de Erechim-RS, que buscou o atendimento fisioterapêutico por indicação médica devido a presença de Hérnia de Disco em L2-L3, e degeneração discal em L2-L3, L3-L4 e L4-L5, com diagnóstico clínico de lombociatalgia à direita, cadastrados na lista de disfunções musculo esqueléticas da clínica escola de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Erechim.

O voluntário foi informado sobre os procedimentos da pesquisa, bem como a realização dos testes. Após a concordância e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), iniciou-se a avaliação fisioterapêutica, sendo realizadas quinze sessões, duas vezes por semana, durante 50 minutos cada sessão, no período de 06 de março de 2017 até 27 de abril do mesmo ano.

Queixa principal era relacionada à dor, contínua do tipo formigamento com origem na lombar, irradiada para membro inferior direito, região lateral da coxa (em todos as posições, aos movimentos, exacerbando durante as atividades físicas). Paciente relata ainda que a posição de decúbito ventral, e decúbito lateral com o travesseiro entre as pernas lhe ofereciam um certo alivio, mas não diminuía totalmente os sintomas da dor. Durante a avaliação paciente relatou ainda não possui história de outras doenças ou cirurgias.

Como testes irritativos foi realizado o teste de Laségue e o Teste de Estiramento do Nervo Femoral resultando em positivo para compressão de uma raiz nervosa no dermátomo correspondente. Como testes adicionais para descartas a existência de outras patologias foi realizado o Teste de Patrick (negativo para disfunção ou lesão da articulação sacroilíaca e quadril), Teste do Ângulo Poplíteo para avaliar encurtamento dos músculos ísquios tibiais, constatando (130°) na avaliação, e (150°) na reavaliação, sendo considerado negativo para encurtamento (acima de 170°) e o Teste de Thomas, onde o resultado foi positivo para encurtamento de Ileopsoas em MMII.

A avaliação da amplitude de movimento (ADM) da lombar “Fig. 1”, do quadril “Fig. 2”, do joelho “Fig. 3” e tornozelo “Fig. 4”, foi realizada de forma ativa utilizando um goniômetro (Careci®) com marcações de 0º (zero) a 360°, das articulações da lombar, quadril, joelhos e tornozelo, seguindo os valores angulares de referência. Na prova de função muscular utilizou-se a Escala Manual de Força (EMF) “Fig. 5”, para avaliar a força muscular da lombar, quadril, tornozelo e joelho, seguindo uma graduação de 0 a 5 sendo grau 0 – ausência de contração; grau 1 – contração visível ou palpável; grau 2 – movimento ativo, mas sem vencer a ação da gravidade; grau 3 – movimento ativo vencendo a gravidade; grau 4 – movimento ativo contra grau moderado de resistência; grau 5 – força normal.

A partir do quadro apresentado pelo paciente, avaliou-se a intensidade da dor através da Escala Visual Analógica da dor (EVA) ‘Fig. 6”, sendo esta verificada no início e término de cada atendimento, onde, zero era considerado nenhuma dor, e dez uma dor insuportável, sendo solicitando ao paciente atribuir uma nota de zero a 10 para a dor na lombar com irradiação para membro inferior direito (região lateral da coxa).

Com base na literatura e nos aspectos avaliados na anamnese e exame físico do paciente foi elaborado um protocolo com objetivos e condutas a curto e longo prazo. Visando diminuir o quadro álgico e o desconforto na origem da dor foi realizado infravermelho perpendicular à coluna lombar, TENS, ultrassom contínuo bilateralmente, corrente interferencial, massoterapia clássica, com manobras de deslizamentos superficiais e profundos e orientação para colocação de bolsa de água quente em ambiente domiciliar.

Para melhorar a ADM foi realizado Pompagem de paravertebrais e quadrado lombar, alongamentos ativos e ativos-assistidos de paravertebrais (mantidos por 40’’), mobilização ativa da coluna lombar, exercício ativo de báscula para anteversão e retroversão, mobilização neural passiva e alongamento estático de quadríceps, glúteo médio e máximo, tensor da fáscia lata, isquiotibiais, tríceps sural e íleo psoas (mantidos por 40’’). Para Melhorar a FM de forma global foi realizado fortalecimentos de CORE com abdominais, exercícios de ponte, prancha frontal, prancha lateral, prancha com variações dos MMII e MMSS, mini agachamento em superfície estável e com apoio de bola suíça na lombar, fortalecimento isotônico de MMII com auxílio de caneleiras/theraband e exercícios de Reeducação Postural Global (RPG).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do tratamento fisioterapêutico foram obtidos após reavaliação dos aspectos musculares e articulares. Através destes pôde-se realizar uma análise adequada dos dados obtidos antes e após a intervenção.

Analisando a Goniometria "Fig. 1-2-3 e 4" pôde-se observar os dados referentes a avaliação da lombar, quadril, joelhos e tornozelos, onde encontrou-se melhora significativa na amplitude dos movimentos de flexão, extensão, rotação para direita e rotação para esquerda da coluna lombar, flexão e extensão, rotação interna e externa de quadril, bem como flexão de joelho, e flexão plantar de tornozelo. A amplitude de movimento dos demais movimentos manteve-se preservada antes e após a intervenção, comparados à avaliação inicial.

Figuras 1-2-3-4. Valores das amplitudes de movimento da lombar e membros inferiores.

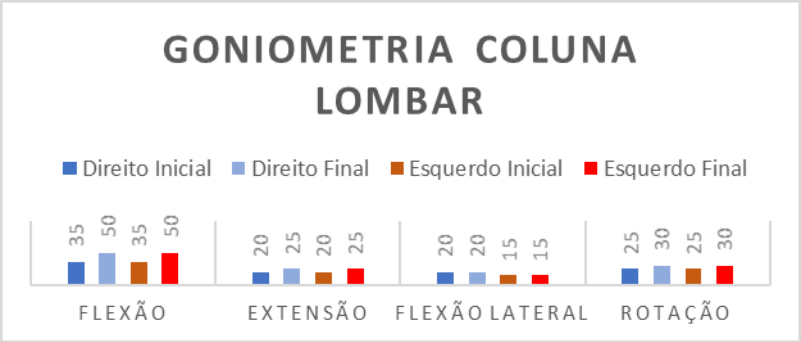



Figura 1: Goniometria da coluna lombar pré e pós intervenção

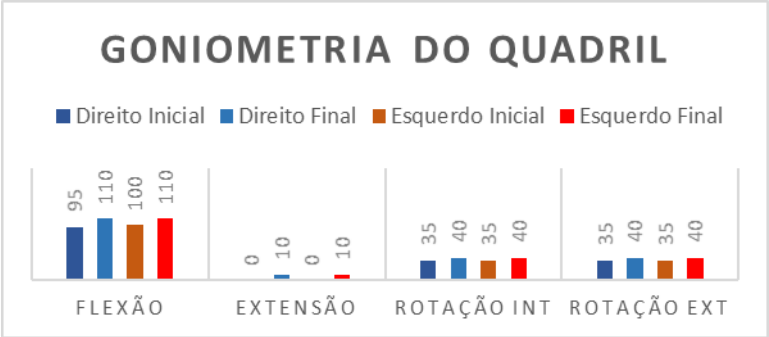



Figura 2: Goniometria do quadril de MMII pré e pós intervenção

Figura 3: Goniometria do joelho de MMII pré e pós intervenção

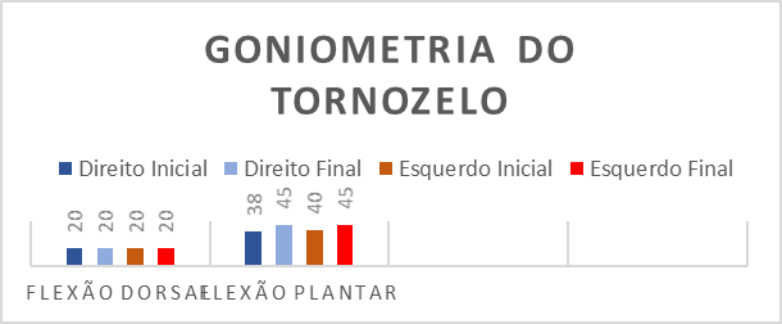



Figura 4: Goniometria do tornozelo de MMII pré e pós intervenção

Para a análise da força muscular, foram mensurados através do teste de resistência manual, os valores da lombar, quadril, joelhos e tornozelos "Fig. 5". Em comparação com a avaliação inicial pôde-se notar um aumento do grau de força, de 3 a 4 para 5, de flexão, extensão, flexão lateral para direita, flexão lateral para esquerda, rotação para direita e rotação para esquerda da coluna lombar, flexão e extensão, rotação interna e externa de quadril, bem como flexão e extensão de joelho e flexão dorsal e plantar de tornozelo.

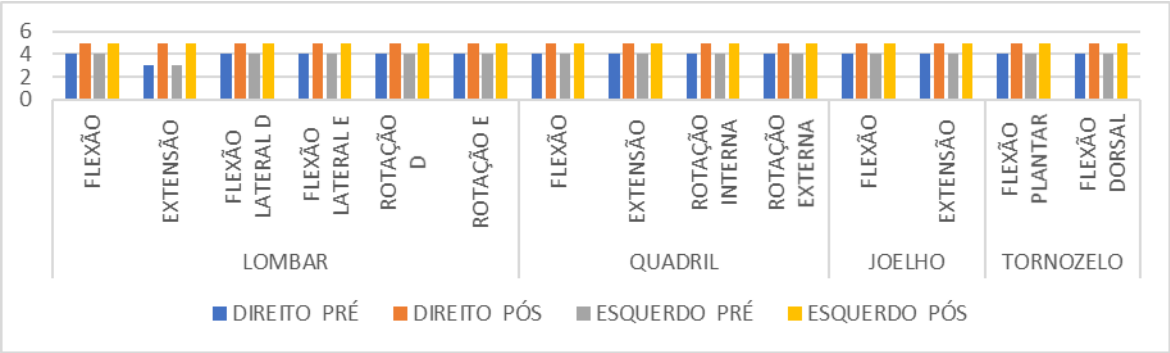



Figura 5. Valores de força muscular da lombar e MMII pré e pós intervenção.

Através da Escala Visual Analógica (EVA) 'Fig. 6", foi possível mensurar a dor do paciente durante todo o processo de reabilitação. Analisando o gráfico pode-se observar que houve redução total da dor após o tratamento realizado.

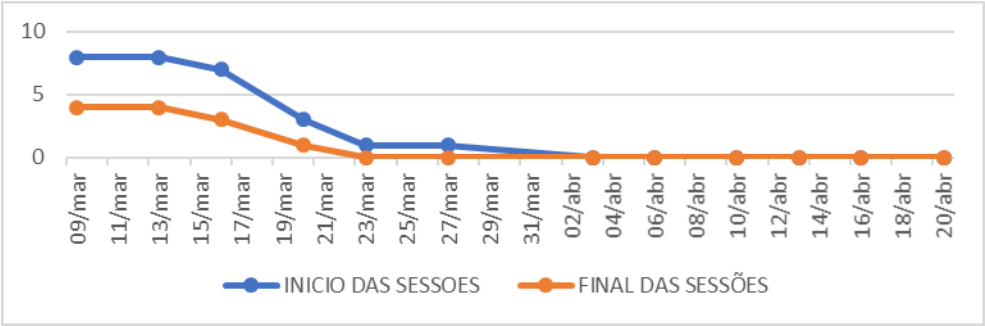



Figura 6. Valores da Escala Visual Analógica (EVA) da dor em região lombar irradiada para membro inferior direito, região lateral da coxa pré e pós intervenções.

No presente estudo verificou-se que a ocorrência da lombociatalgia caracteriza-se pela sintomatologia dolorosa e neurológica em toda a extensão nervosa, iniciando na região lombar, percorrendo-se pelos quadris, região posterior da

coxa e parte póstero-lateral da perna (OLIVEIRA; SILVA, 2016). Sendo assim, avaliar a intensidade da dor e o local em que a mesma se manifesta se torna de suma importância, pois possibilita ao fisioterapeuta verificar o grau de comprometimento do paciente e analisar de forma subjetiva quanto o mesmo está sendo afetado pelos sintomas, além de facilitar a localização da estrutura que está sendo acometida e traçar um objetivo de tratamento (OLIVEIRA; SILVA, 2016).

Condizendo com o estudo de Abreu et. al (2015), em todos os casos, recomenda-se uma anamnese detalhada, com uma cuidadosa abordagem sobre as atividades de vida diária do paciente, exame físico detalhado, testes fisioterapêuticos e exames complementares que possibilitem um diagnóstico mais preciso.

Segundo Oliveira e Alves (2015), o tratamento conservador (TC) comumente utilizado por fisioterapeutas tem como principal objetivo, analgesia e recuperação funcional, apresentando excelentes resultados. Segundo um estudo realizado pelo mesmo autor, o uso de recursos eletroterapêuticos, como a neuroestimulação elétrica transcutânea (TENS) e o ultrassom é bastante indicado para analgesia da dor aguda, e redução do quadro inflamatório, com resposta otimista sobre a inflamação aguda, subaguda e dor de origem neuropática. Oliveira e Alves (2015), descreve que as pompagens também auxiliam no relaxamento muscular, atuando na fáscia da área acometida, promovendo analgesia e melhorando assim o quadro álgico do paciente.

Além da diminuição da mobilidade em decorrência da herniação discal a lombociatalgia também leva a outros prejuízos secundários como a diminuição da força muscular, parestesia em membros inferiores, e posturas antálgicas na tentativa de minimizar o comprometimento estrutural. Estas alterações, por sua vez, levarão a um prejuízo funcional, limitando sua interação social e sua qualidade de vida (OLIVEIRA; SILVA, 2016).

A Reeducação Postural Global (RPG) é um método fisioterápico que tem como objetivo o tratamento de desvios posturais e as dores causadas por estes desvios. O tratamento é desenvolvido sobre cadeias de tensão muscular, utilizando-se de posturas estáticas que alongam e fortalecem os músculos lesionados. Sendo assim, o fortalecimento de músculos como transversos do abdome, obliquo interno do abdome, oblíquo externo do abdome, reto do abdome, quadrado lombar, multifideos, intersegmentares, eretores da espinha superficiais e iliopsoas, são de extrema importância para uma boa estabilidade postural da coluna vertebral evitando assim, posturas que facilitem o aparecimento da hérnia de disco (OLIVEIRA; SILVA, 2016).

Condizendo com o estudo de Oliveira e Alves (2015), o paciente desse estudo se mostrou consciente dos benefícios durante e após as intervenções fisioterapêuticas, pois diariamente relatava melhora dos seus sintomas e também das suas condições para desenvolver suas atividades de vida diária.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados do estudo, pôde-se perceber que o programa de tratamento de fisioterapia convencional baseada na cinesioterapia mostrou-se eficaz sobre a lombociatalgia, demonstrando ganhos significativos na amplitude de movimento, aumento da força muscular e diminuição do quadro álgico, bem como na melhora da qualidade de vida do indivíduo após uma intervenção de oito semanas, tornando-se relevante a continuidade do tratamento com fortalecimento, principalmente, da musculatura abdominal e lombar, para uma recuperação ainda mais evidente, evitando o retorno dos sintomas e prevenindo novas lesões.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. F. et al.; 2015. ‘Estação Científica’. Síndrome do piriforme, lombalgia ou lombociatalgia. existe diferença? Juiz de Fora. n. 14, julho – dezembro.

ALVES. C. P. 2014. ‘Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia’. Tratamento fisioterapêutico da lombalgia postural, estudo de caso. v. 2, n. 6.

COELHO, C. J. 2017. ‘Revista Varia Scientia – Ciências da Saúde’. Prevalência, frequência e fatores associados a dores nas costas em um grupo de estudantes universitários. v. 3, n. 1.

MOREIRA, D.; CARVALHO, P. 2015. ‘Unidade Curricular de Projeto em Fisioterapia, Mestrado em Fisioterapia’. Terapia Manual Ortopédica Programa de reabilitação de hérnia discal lombar em fisioterapia sem recorrer a cirurgia.

NEGRELLI, W. F. 2001. ‘Acta Ortopédica Brasileira’. Hérnia discal: Procedimentos de tratamento. v. 9, n. 4, São Paulo.

OLIVEIRA, A. C.; BRAGA, D. L. C. 2010. ‘Curso de Fisioterapia da Universidade Paulista’. Perfil epidemiológico dos pacientes atendidos na clínica de ortopedia da Universidade Paulista. v. 28, n. 4, p- 356-8. Jundiaí-SP, Brasil.

OLIVEIRA, M. R.; SILVA, P. P. C. 2016. ‘Fundação Universitária Vida Cristã. A Intervenção da Mobilização Neural no Tratamento da Lombociatalgia: Relato de Caso. Monografia (Graduação em Fisioterapia) Pindamonhangaba-SP: FUNVIC

OLIVEIRA, V. N.; ALVES, A. M. M. 2015. 'Rev. Saúde em foco, Teresina'. Estudo comparativo entre Kinesio Taping® aliado à fisioterapia convencional e seu uso isoladamente para analgesia em pacientes com hérnia de disco lombar. v. 2, n. 2, art. 4, p. 49-61, ago./dez.

STUMP, P. R. N. A. G. et al. 2016. 'Revista dor'. Lombociatalgia. v.17, supl.1 São Paulo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITOS DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS DE CINESIOTERAPIA NA QUALIDADE DE VIDA DE IDOSOS

**Diana Divensi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim. Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
dianadivensi@hotmail.com

**Arthiese Korb**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim. Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
arthi.korb@gmail.com

***Resumo.*** *O processo de envelhecimento traz consigo mudanças fisiológicas e estruturais que acontecem naturalmente neste período da vida. Estas mudanças acarretam em problemas físicos e psicológicos progressivos para o indivíduo diminuindo cada vez mais a possibilidade de um envelhecimento saudável e uma boa qualidade de vida. Este estudo objetivou analisar o efeito de um programa de cinesioterapia na qualidade de vida de idosos institucionalizados na Sociedade Beneficente Jacinto Godoy de Erechim. Estudo de caráter interventivo com delineamento quase-experimental, do tipo pré e pós-teste com análise quantitativa de dados constituída por uma amostra total de 14 idosos institucionalizados, com idade média de 60 a 90 anos. Foram coletados alguns dados pessoais e aplicado o Questionário de avaliação da qualidade de vida– WHOQOL- BREF, após os participantes foram submetidos a um programa de cinesioterapia 2 vezes por semana, regularmente, durante o período de 12 semanas, totalizando 24 sessões de 30 a 40 minutos cada. Ao término do programa foi reaplicado o Questionário WHOQOL- BREF. Foi observado que o programa de cinesioterapia apresentou melhora significativa nos domínios físico e psicológico e na qualidade de vida geral dos participantes. Conclui- se que um programa de cinesioterapia promove aumento significativo na qualidade de vida de idosos.*

***Palavras- chaves:*** *Exercício. Qualidade de vida. Idoso. Fisioterapia.*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a população de idosos no Brasil vem crescendo progressivamente. É esperado, segundo estimativas, que no ano de 2020 a população geriátrica brasileira será representada por de 30,9 milhões de pessoas, ou seja, 14% da população nacional total (KÜCHEMANN, 2012). Além disso, sabe-se que junto com o processo de envelhecimento acontecem diversas alterações no organismo, isso envolve alterações físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais, além do surgimento de doenças crônico-degenerativas, fator desencadeante de uma diminuição funcional e consequentemente uma menor qualidade de vida dos idosos (TRIBES; VIRTUOSO, 2005).

Com passar do tempo a tendência do idoso é tornar-se menos ativo, adotando um padrão de vida sedentário. (VALDUGA, 2013). O sedentarismo associado com outras questões frequentes do processo de envelhecimento causa problemas físicos e psicológicos progressivos para o indivíduo diminuindo cada vez mais a possibilidade de um envelhecimento saudável e uma boa qualidade de vida (AQUINO, 2009).

As mudanças fisiológicas e estruturais que acontecem naturalmente neste período da vida, sofrem importante influência de fatores ambientais como os hábitos de vida diária, incluindo prática regular de exercícios físicos, alimentação saudável, a não ingestão de álcool e tabaco que são fortemente relacionados a uma perda funcional menos significativa acompanhada a uma maior e melhor qualidade de vida (SILVEIRA, 2010).

Dentre diversos métodos de exercícios que podem ser utilizados podemos citar a cinesioterapia, método que consiste em uma forma de exercício ou movimentos com finalidade fisioterapêutica, surgiu em decorrência da primeira Guerra Mundial, onde era usada como recurso na recuperação de pessoas feridas que evoluíam com incapacidades funcionais (DE CONTI, 2011).

O método de terapia por meio do movimento tem por objetivo principal, melhora na flexibilidade, mobilidade equilíbrio, coordenação, força muscular, entre outros benefícios, também contribuem positivamente no sistema cardiovascular, sistema cardiopulmonar e sistema nervoso, constituindo assim, um recurso fundamental na prática fisioterapêutica no que diz respeito a reabilitação e restauração de funções físicas (DE CONTI, 2011).

Segundo FECHINE, 2012 é possível afirmar que a realização prolongada de exercícios físicos e a adoção de um estilo de vida ativo proporcionam ao idoso a prevenção da saúde, melhora da capacidade funcional e autonomia, os quais são fatores essenciais para uma boa qualidade de vida. Sendo assim, é de extrema importância a elaboração de propostas de tratamento que visem o desenvolvimento de cuidados para o suporte desta população, garantindo uma vida mais longa e com melhor qualidade (DE CONTI, 2011).

Levando em conta todas estas questões expostas, o objetivo deste trabalho foi analisar o efeito de um programa de cinesioterapia na qualidade de vida de idosos institucionalizados na Sociedade Beneficente Jacinto Godoy de Erechim.

## 2. METODOLOGIA

Estudo de caráter interventivo com delineamento quase-experimental, do tipo pré e pós-teste com análise quantitativa de dados.

Foram incluídos no estudo, indivíduos idosos com idade acima de 60 anos, de ambos os sexos, residentes na Sociedade Beneficente Jacinto Godoy, localizada na cidade de Erechim-RS.

Os participantes do estudo contemplaram com os seguintes requisitos: serem sedentários, caracterizados pela não participação em programas de atividade física regular com frequência maior ou igual a duas vezes por semana, ter capacidade física e cognitiva para realização do protocolo de exercícios, ausência de patologias nas quais o exercício seja contra indicado e por fim, aceitarem assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foram excluídos do estudo idosos que não estavam dentro da faixa etária estabelecida, não sedentários, caracterizados pela participação em programas de atividade física regular com frequência maior ou igual a duas vezes por semana, falta de capacidade cognitiva e física para realização do protocolo de exercícios, possuir alguma patologia que contra indique a prática dos exercícios, faltar mais de duas sessões consecutivas ou cinco sessões no total e por fim, não concordar e/ou assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A população foi composta por 163 indivíduos idosos, com uma amostra de 14 participantes, sendo 9 do sexo feminino e 5 do sexo masculino, selecionados por meio de um sorteio simples onde foram depositados todos os nomes em um envelope e na sequência retirados aleatoriamente.

Inicialmente o projeto foi analisado pela Comissão do Curso de Fisioterapia, após o mesmo foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus de Erechim, para apreciação e aprovação (protocolo de aprovação: 2.373.417). Posteriormente foi contatada a Sociedade Beneficente Jacinto Godoy- Lar dos Velhinhos solicitando a autorização para a realização da pesquisa e da utilização do estabelecimento localizado na Avenida Sete de Setembro, nº 2141, bairro Fátima na cidade de Erechim-RS.

Os 14 participantes, primeiramente assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e na sequência, foi realizada a avaliação da qualidade de vida utilizado o instrumento WHOQOL-BREF, o qual mensura a qualidade de vida em idosos através de 26 questões objetivas direcionadas a itens referentes ao estado físico, psicológico, relações com a sociedade e com o meio ambiente (SCHWANKE, 2014), antes e após o programa de intervenção fisioterapêutica.

A intervenção fisioterapêutica foi baseada em um protocolo de exercícios de cinesioterapia retirados dos autores Kisner (2005) e Moffat (2002), que foi realizado 2 vezes por semana, regularmente, durante o período de 12 semanas, totalizando 24 sessões de 30 a 40 minutos cada.

Para tratamento dos dados foi realizada análise descritiva simples para média e desvio padrão. Para dados paramétricos foi realizado o Teste t-student e para os dados não paramétricos Wilcoxom. Foi considerado nível de significância de $p < 0,05$.

## 3. RESULTADOS

As características relativas aos dados pessoais sociodemográficos dos idosos participantes da pesquisa encontram-se descritos na Tab. 1.

Tabela 1. Características sociodemográficas da amostra do estudo em relação à qualidade de vida antes e após o programa de intervenção fisioterapeutica

| Variável | N | % |
|---|---|---|
| Faixa etária/ Grupo total | 14 | 100% |
| 60 a 69 | 7 | 50,0% |
| 70 a 79 | 2 | 14,3% |
| 80 a 89 | 4 | 28,6% |
| 90 ou mais | 1 | 7,1% |
| Gênero | | |
| Feminino | 9 | 64,3% |
| Masculino | 5 | 35,7% |

Com base na tab. 1 observa- se que neste estudo houve predominância do sexo feminino (64,3%), enquanto a população masculina, composta por homens constituiu (35,7%) da amostra do estudo.

Observa- se também, que houve predominância de indivíduos com faixa etária de 60 a 69 anos de idade (50%) e que a faixa etária de menor prevalência do estudo foi composta por indivíduos de 90 anos de idade ou mais (7,1%).

A tab. 2 demonstra, os resultados dos escores obtidos para os quatro domínios, bem como a qualidade de vida total do questionário de qualidade de vida (WHOQOL-BREF), pré e pós programa de intervenção fisioterapeutica.

Tabela 2. Relação da qualidade de vida nos diferentes domínios antes e após programa de intervenção fisioterapeutica.

| **Domínio de Qualidade de vida** | **Pré intervenção** | **Pós intervenção** |
|---|---|---|
| DOMINIO FISICO | 63,26 | 78,06 |
| DOMINIO PSICOLOGICO | 71,14 | 81,24 |
| DOMINIO SOCIAL | 74,41 | 77,39 |
| DOMINIO AMBIENTAL | 79,26 | 79,48 |

De acordo com a tab. 2 pode- se observar que os domínios Físico e Psíquico foram afetados significativamente pelo tratamento fisioterápico ($p < 0,005$), sendo que o domínio físico obteve um escore médio de 63,26 pré- intervenção e 78,06 ($p < 0,001$) pós intervenção fisioterapêutica, enquanto o domínio psíquico atingiu um escore médio de 71,14 e 81,24 ($p < 0,009$), respectivamente.

Quanto ao domínio social, houve melhora após o período de intervenção, porém, sem efeito estatisticamente significativo, o qual inicialmente apresentou um escore médio de 74,41 e posteriormente 77,39 ($p < 0,969$).

É possível verificar também, que o domínio de menor efeito obtido ao final do estudo foi o domínio ambiental, o qual apresentou inicialmente um escore de 79,26 passando para 79,48 ($p < 0,969$) não demonstrando diferença estatisticamente significativa.

A Fig. 1 demonstra os escores médios obtidos referentes a qualidade de vida total do questionário de qualidade de vida (WHOQOL-BREF), pré e pós programa de intervenção fisioterapêutica.

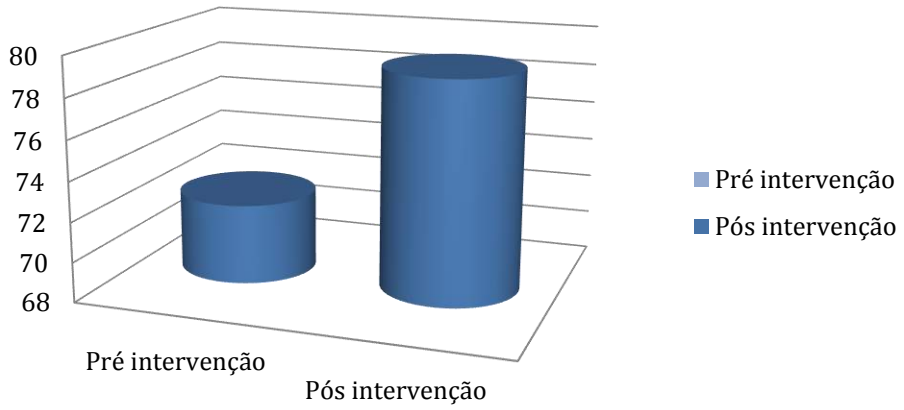



Figura 1. Relação da qualidade de vida pré e pós intervenção fisioterapeutica.

Com base nos dados apresentados no gráfico, observa- se que houve uma melhora significativa (p=0,005) nos escores médios da qualidade de vida pós intervenção fisioterapêutica, onde inicialmente a amostra do estudo apresentou uma média de 72,01 passando para 79,05 ao final do programa.

Para a pergunta "Como você avaliaria sua qualidade de vida?", existem evidências de uma melhora da qualidade de vida (p = 0,008), pelo teste de Wilcoxon, ao nível de significância de 5%. Em termos médios, o escore do WHOQOL-BREF, antes do tratamento era de 3,42 e depois do tratamento foi para 4,2, numa escala de 1 a 5. Para a pergunta "Quão satisfeito (a) você está com a sua saúde?" também verificou-se melhora significativa após o tratamento (p=0,028). Essas informações podem ser verificadas na Tab. 3.

**Tabela 3** – Escore médio e *valor p* para as duas questões gerais do questionário de vida (WHOQOL-BREF).

| Pergunta | Antes | Depois | p |
|---|---|---|---|
| Como você avaliaria sua qualidade de vida? | 3,42 | 4,21 | 0,008 |
| Quão satisfeito (a) você está com a sua saúde? | 3,42 | 4,07 | 0,028 |

## 4. DISCUSSÃO

O envelhecimento humano é um evento natural e esperado dentro do ciclo de vida da humanidade e que ocorre de forma progressiva trazendo consigo as alterações e perdas fisiológicas que acompanham esse processo acarretando muitas vezes em diminuição ou perda da autonomia dos idosos (NETTO et al, 2005), além de refletirem diretamente na qualidade de vida desta população geriátrica (AQUINO, 2009).

Verifica- se que embora somente o domínio físico e o domínio psicológico de qualidade de vida avaliados pelo WHOQOL-BREF foram significativamente beneficiados com os exercícios do programa de cinesioterapia, todos eles apresentaram índice de melhora, condizendo com estudo realizado por Costa et al, 2018 e também, com estudo de Ferreira et al. 2016 os quais concluíram em seus estudos que idosos participantes de programas de exercícios físicos apresentam melhor qualidade de vida pelo questionário WHOQOL-BREF quando comparado a idosos não participantes desses programas. Segundo Camões et al, 2016 um programa de exercício físico, mesmo que com curta duração, é capaz de promover melhoras significativas na qualidade de vida de idosos, característica e achado que se iguala ao presente estudo.

O domínio de maior significância obtida com a intervenção fisioterapêutica é destacado pelo domínio físico, achado também encontrado em estudo feito por Camões et al, 2016. Pode- se justificar esse fato, uma vez que esse domínio envolve a capacidade de se locomover, a mobilidade articular, execução de tarefas funcionais e capacidade de realizar trabalho, logo, ações relacionadas à maior independência que estão diretamente associadas ao programa de exercício físico (FLECK, 2000).

Em relação ao domínio psicológico o qual também observamos melhora significativa, que abrange quesitos como a motivação, a capacidade de concentração, auto-estima e o humor, pode- se justificar também a melhora significativa que houve neste domínio após a intervenção fisioterapêutica, já que esta relaciona- se com estas facetas (Fleck et al, 2000).

Outra justificativa para o surgimento de melhoras no domínio psicológico após o programa de cinesioterapia se da pelo fato de que independente da idade, a prática de exercícios físicos de forma regular proporciona diversos benefícios físicos e psíquicos, dentre eles: diminuição do risco de surgimento de doenças, redução do estresse, auxilia no tratamento da depressão, proporciona melhora da autoestima e por fim, aumento da independência – esta última especial para os idosos, que contribui fortemente para uma melhor qualidade de vida (VIEIRA et al, 2015)

Ainda de acordo com Fleck et al, 2000 o domínio social envolve as relações pessoais e o domínio ambiental engloba segurança física, cuidados com a saúde, oportunidades, participação em atividades de lazer, únicos dois que não apresentaram melhoras significativas. Pode-se associar este achado à dificuldade de o idoso perceber que houve ganhos em curto prazo nessas facetas (SOUZA, 2016).

Neste estudo, a população amostral de idosos reside em uma instituição de residência de idosos. Segundo Xavier et al, 2003 idosos que residem em zonas rurais ou que desempenham atividades em seu ambiente doméstico têm maior oportunidade de continuarem exercendo suas tarefas laborais também na velhice, e essa continuidade de atividades ocupacionais associadas a convivência com seus familiares resulta em maior satisfação com a vida. Por esta razão, pode estar relacionada a não melhora significativa nos domínios ambiental e social deste estudo, já que a população amostral de idosos são residentes de um asilo, podendo não ter esses quesitos relacionados a qualidade de vida quando comparado com idosos domiciliados que convivem com seus familiares.

Portanto, embora o resultado mostrou ganhos nesses domínios também, estes ainda não refletem mudanças neste escore da qualidade de vida.

## 5. CONCLUSÃO

Com bases nos resultados obtidos neste estudo, pode-se inferir que o programa de cinesioterapia influencia positivamente na qualidade de vida dos idosos. Sendo assim, é de extrema importância a atenção e incentivo à essa população para a inclusão em programas de exercícios terapêuticos.

Sugere- se também, como uma medida fundamental e eficaz a implantação de mais profissionais fisioterapeutas nas instituições de longa permanência para idosos, empregando a cinesioterapia como forma de tratamento e prevenção de futuras afecções, promovendo melhora do bem-estar geral e diminuindo ainda, os custos de saúde pública provenientes da falha de medidas preventivas e proporcionando uma melhor qualidade de vida à população geriátrica.

## 6. REFERENCIAS

AQUINO, F.C. et al., 2009. ‘’Avaliação da qualidade de vida de indivíduos que utilizam o serviço de fisioterapia em unidades básicas de saúde. ’’ *Fisioterapia e Movimento.* Curitiba, Vol. 22, n. 2, p. 271-279.

CAMÕES, M. et al., 2016 ‘’Exercício físico e qualidade de vida em idosos: diferentes contextos sociocomportamentais.’’ *Motricidade,* Vol. 12, n. 1, p. 96-105.

COSTA, F.R. et al., 2018. ‘’Quality of life of participants and non-participants of public physical exercise programs.’’ *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia,* Vol. 21, n. 1, p. 24-34.

DE CONTI, A. A., 2011‘’Importância da cinesioterapia na melhora da qualidade de vida de idosos. *Pós graduação em Gerontologia Biomédic*a - Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FECHINE, A.R.B., TROMPIERI, N.O., 2012. ‘’ Processo de Envelhecimento: as principais alterações que acontecem com o idoso com o passar dos anos. ’’ *Revista Cientifica Internacional*, Ceará, Vol. 1, n. 7, p. 106-194.

FERREIRA, M.M et al., 2017. ‘’Relação da pratica de atividade física e qualidade de vida na terceira idade. ’’ *Caderno Científico FAGOC de Graduação e Pós-Graduação*. Vol. 1. n. 2. p. 9-15.

FLECK, M., et al., 2000.‘’Aplicação da versão em português do instrumento abreviado de avaliação da qualidade de vida" WHOQOL-bref". *Revista de saúde pública,* Vol. 34, p. 178-183.

KISNER, C., COLBY, A L., 2005. ‘’Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas.’’ 4.ed. São Paulo.

MOFFAT, M., VICKERY, V., 2002. ‘’Manual de manutenção e reeducação postural.’’ Porto Alegre: Artmed.

NETTO, M.P. et al., 2005.*‘’Fisiologia do envelhecimento.’’* In: CARVALHO, F., THOMAS, E., NETTO, M.P. 2005. *‘’**Geriatria:** fundamentos, clínica e terapêutica. ’’* 2. ed. São Paulo: Atheneu.

SILVEIRA, M.M. et al., 2016. ‘’ Envelhecimento humano e as alterações na postura corporal do idoso.’’*Revista Brasileira de Ciências da Saúde*. n. 26.

SOUZA, L.A. et al., 2016.‘’Efeitos de um treino multissensorial supervisionado por seis semanas no equilíbrio e na qualidade de vida de idosos.’’ *Medicina (Ribeirão Preto. Online),* Vol 49, n. 3, p. 223-231.

TRIBESS, S., VIRTUOSO, J.S.J., 2005. ‘’ Prescrição de Exercícios Físicos para Idosos.’’ *Revista Saúde,* Vol. 1, n. 2, p. 163- 172.

VIEIRA, A.A.U., APRILE, M., PAULINO, C.A., 2015 "Exercício físico, envelhecimento e quedas em idosos: revisão narrativa." *Revista Equilíbrio Corporal e Saúde*, Vol. 6, n. 1, p. 23-31.

XAVIER, F.M.F et al., 2003. ‘’Elderly people s definition of quality of life.’’ *Revista Brasileira de Psiquiatria*. Vol. 25. n. 1. p. 31-39.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são o único responsável pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st- 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CONHECIMENTO DA PRÁTICA DE EXERCÍCIO FÍSICO EM DOENTES RENAIS CRÔNICOS SUBMETIDOS À HEMODIÁLISE

**Diana Divensi**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.Sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
dianadivensi@hotmail.com

**Fernanda Dal´MasoCamera**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim. Av. Sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
ferdalmaso@hotmail.com

**Fernanda Duarte de Andrade**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.Sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
nandaandrade1705@hotmail.com

**Ana Lúcia Bernardo de Carvalho Morch**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim. Av.Sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
analuepm@yahoo.com

**Miriam Salete WilkWisniewski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av. Sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
msalete@uri.com.br

***Resumo:*** A doença renal crônica afeta grande parcela da população mundial e encontra-se em progressivo crescimento, representando um grande problema de saúde pública. Além dos custos gerados ao governo para tratamento desta população, a DRC traz uma série de alterações físicas e psíquicas ao paciente, comprometendo sua qualidade de vida. Este estudo objetivou avaliar o grau de atividade física dos pacientes renais crônicos submetidos ao tratamento de hemodiálise. Estudo transversal e descritivo. A amostra foi constituída por 20 pacientes, de ambos os sexos com DRC submetidos à hemodiálise 3x/semana na Clínica Renal da Fundação Hospitalar Santa Terezinha FHST da cidade de Erechim. Foram coletados alguns dados pessoais e o Questionário Internacional de Atividade Física – IPAQ em sua versão curta. Em relação aos resultados, observou-se um maior predomínio de pacientes do sexo masculino (60%), com média de idade de 56,0 anos e 40% dos pacientes realizam hemodiálise (HD) entre 2 a 6 anos. Verificou-se uma prevalência de DRC sedentários (80%), sendo que somente 20% dos pacientes são ativos. Verificou-se que em relação ao grau de atividade física, 80% da amostra é sedentária e os principais motivos identificados foram: falta de vontade (69 %), fadiga (62 %), dor (31%) e fraqueza (37%). Concluiu-se que a maioria dos pacientes renais crônicos da Clínica Renal da FHST submetidos à hemodiálise são sedentários e que a falta de vontade e fadiga são os principais motivos de não realizarem exercícios. Faz-se necessário uma avaliação mais complexa por parte dos profissionais da área da saúde, para conhecer melhor estes sintomas e auxiliar no processo de incentivo a realização de exercício, sendo este fundamental para estes pacientes.

***Palavras- chaves:*** *Exercício. Diálise renal. Nefropatia. Estilo de vida sedentário.*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a doença renal crônica atinge 10% da população mundial e vem apresentando um aumento progressivo nos últimos anos. A estimativa é que a enfermidade afeta um em cada cinco homens e uma em cada quatro mulheres com idade entre 65 e 74 anos, sendo que metade da população com 75 anos ou mais sofre algum grau da doença, tornando- se assim, um importante problema de saúde pública. No Brasil, o número total estimado de pacientes em diálise foi de 122.825 em 2016 (Sesso, 2017).

Pacientes com Doença Renal Crônica (DRC), apresentam uma série de alterações decorrentes da patologia sendo alguns deles: alterações nos níveis de uréia e hemoglobina, déficits nutricionais, diminuição do VO2 máximo, redução da síntese protéica, inflamação sistêmica, resistência à insulina e degradação de massa magra (Filho, et al, 2016). Segundo Miyahira, et al., 2016 também são bastante presentes no doente renal crônico: distúrbios de sono, câimbras e dores musculares que colaboram fortemente para uma baixa qualidade devida.

Vários estudos demonstram que os pacientes DRC em hemodiálise são inativos quando comparados aos indivíduos com função renal normal e este fator contribui para o aumento da mortalidade nesta população (Shimoda, et al 2017). Pacientes renais crônicos sedentários apresentam um risco de morte de 62% diferentemente dos pacientes não sedentários (80%) e dentre os fatores de riscos associados, o de maior prevalência são as doenças cardiovasculares que representam 50% da mortalidade entre esses pacientes (Winkelmann, et al, 2015).

O sedentarismo além de ser uma possível causa da doença renal secundária a hipertensão e a diabetes está fortemente relacionado com o desenvolvimento de Doenças cardiovascular (DCV) (Barcellos, et al, 2015);(Caracas, et al, 2017). Além disso, a falta de atividade física afeta negativamente a qualidade de vida e está relacionada a um mau prognóstico no DRC (Almeida, et al, 2016).

Apesar da implementação de programas de exercícios físicos em pacientes durante o processo de diálise ser uma prática ainda bastante recente e restrita, seus benefícios são claramente perceptíveis clinicamente (Shimoda, et al, 2017). Segundo Almeida et al. (2016) a prática regular de exercício físico proporciona benefícios físicos e psicológicos proporcionando uma melhor qualidade de vida, aumento da massa magra e melhora da capacidade funcional ao paciente renal. O exercício físico regular promove ainda, melhora da tolerância ao exercício físico e da pressão arterial sistêmica (PAS) (Ferreira, et al, 2015).

Considerando que os pacientes renais em tratamento dialítico possuem diversas comorbidades associadas ao sedentarismo, é de extrema importância a realização do exercício objetivando estabelecer propostas de intervenção que visem estimular e conduzir estes pacientes à prática regular de atividade física e assim aumentar a qualidade de vida e vitalidade do DRC (Barcelos, et al, 2015).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o grau de atividade física dos pacientes renais crônicos submetidos à hemodiáliseda Clínica Renal da FHST.

## 2. METODOLOGIA

Estudo transversal de natureza descritiva e abordagem qualitativa. Foram incluídos no estudo, pacientes de ambos os sexos, com idades de 30 a 85 anos em terapia hemodialítica da Clínica Renal da Fundação Hospitalar Santa Terezinha da cidade de Erechim/RS. Foram excluídos do estudo pacientes com incapacidade de deambular e que não aceitassem responder ao questionário de atividade física IPAQ.

Na Clínica Renal, existem 92 pacientes em tratamento dialítico A amostra do estudo foi composta por 20 DRC com uma média de idade de 56,0anos.

Os pacientes, primeiramente foram entrevistados com as seguintes questões: nome, sexo, idade, tempo de hemodiálise e orientação médica quanto à prática de atividade física. Em seguida responderam o Questionário de Atividade Física (IPAQ) em sua versão curta,o qual considera os critérios de frequência e duração de cada atividade física na última semana, classificando os indivíduos em ‘’muito ativo’’, ‘’ativo’’, ‘’irregularmente ativo A’’, ‘’irregularmente ativo B’’ e ‘’sedentário’’.

Para efeito na análise dos dados, foram classificados em ativos (muito ativos e ativos) e sedentários (irregularmente ativos A, irregularmente ativos B esedentários).

## 3. RESULTADOS

As características relativas aos dados pessoais sociodemográficos dos idosos participantes da pesquisa encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1.Características sociodemográficas e nível de atividade física da amostra do estudo.

| **Variável** | **Sedentários** | | **Ativos** | |
|---|---|---|---|---|
| | **N** | **%** | **N** | **%** |
| **Faixa etária/ Grupo total** | **16** | **80%** | **04** | **20%** |
| 30 a 39 | 01 | 05% | 02 | 10% |
| 40 a 49 | 04 | 20% | - | - |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 50 a 59 | 03 | 15% | 02 | 10% |
| 60 e mais | 08 | 40% | - | - |
| **Gênero** | | | | |
| Feminino | 04 | 20% | 03 | 15% |
| Masculino | 12 | 60% | 01 | 05% |
| **Tempo de hemodiálise** | | | | |
| 0 a 6 meses | 01 | 05% | - | - |
| 7 a 12 meses | 04 | 20% | 04 | 20% |
| 2 a 6 anos | 08 | 40% | - | - |
| 7 a 11 anos | 01 | 05% | - | - |
| 12 anos emais | 02 | 10% | - | - |
| **Orientaçãomédica** | | | | |
| Sim | 07 | 35% | 03 | 15% |
| Não | 09 | 45% | 01 | 05% |

Com base na tab. 1 observa- se que neste estudo houve predominância do sexo masculino (65%) e de indivíduos com faixa etária de 60 anos de idade ou mais.

Quanto à distribuição por gênero, observa- se que os homens são mais sedentários (92,4%) que as mulheres (57,1%).

Quando avaliado o tempo de tratamento hemodialítico, verifica-se um predomínio de pacientes que realizam HD entre 2 à 6 anos, onde 40% destes são sedentários.

Em relação a orientação médica de realizar exercícios, não houve predomínio entre as respostas, porém, os DRC que relataram receber orientação médica quanto a prática do exercício em sua maioria (75%) relatam ser ativos enquanto que os pacientes sedentários (56,%) relatam receber pouco incentivo pela equipe médica para realizar exercícios.

Verificou-se que em relação ao grau de atividade física, 80% da amostra é sedentária e os principais motivos identificados foram:a falta de vontade de se exercitar representa o principal motivo relatado pela amostra de pacientes (69%) e em segundo lugar, a fadiga representando (62 %), seguido da fraqueza (37%), dor (31%), falta de tempo (25%) e medo de se machucar(12,5%).

## 1. DISCUSSÂO

A análise dos resultados demonstrou que a maioria dos pacientes renais desse estudo (80%) são sedentários, condizendo com estudo realizado por Anderton et al., 2015 onde a prevalência de DRC sedentários em tratamento hemodialitico foi significativamente alta representando também a maioria da população da amostra. Um estudo recente feito por Kang et al., 2017 verificou que em uma população de 1.611 pacientes em tratamento hemodialítico, a maioria era sedentário (45%), 32% era intermediário e apenas 22% era classificado como ativo, corroborando também com o achado do presente estudo.

Segundo Filho et al. 2016, a propensão do DRC em hemodiálise ser sedentário está relacionada a diversos fatores físicos e psicológicos secundários à uremia: fadiga, baixa tolerância ao exercício físico, indisposição, dor, depressão, limitação pelo tempo gasto na hemodiálise, comorbidades, baixa auto-estima e fatores sociais.

Quanto à orientação para a prática de atividade física regular em pacientes em hemodiálise, 50% dos participantes deste estudo não receberam orientações para a realização de atividade física. Silva e Marinho, 2015 verificaram por meio de uma pesquisa feita com nefrologistas, que a maior parte desses profissionais não prescrevem atividade física aos seus pacientes apesar de saberem a importância e benefícios da prática de exercício físico como complemento do tratamento. Por meio de um estudo feito com nefrologistas, Regolist et al., 2018 verificou que a taxa de orientação ao paciente quanto a importância do exercício físico foi significativamente baixa e que as barreiras relatadas por esses profissionais foram ausência de tempo para discutir com o paciente, não considerar papel do médico orientar o paciente quanto ao exercício físico e não considerar o exercício físico um tratamento tão importante quanto o tratamento clínico.

Dentre a população classificada como ativa, a maioria (75%) recebeu orientação médica quanto a importância da prática de atividade física, enquanto os pacientes sedentários, 56,2% relataram nunca ter recebido orientação de seu nefrologista quanto aosbenefícios da prática de atividade física à semelhança de Regolisti et al., 2018 que observaram que a atitude da equipe médica em orientar o DRC quanto a importância da realização de atividade física regular é significativamente eficaz e ao mesmo tempo econômica.

Foi verificado que a maior prevalência de sedentarismo encontra- se no sexo masculino, na população que realiza hemodiálise há um tempo de dois á seis anos e em indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos, coincidindo com Cupisti et al., 2017, que também encontrou maior prevalência de sedentários no grupo de DRC idosos, justificando este

dado com a desnutrição e a perda de massa muscular que é ainda mais significante no DRC idoso. Da mesma forma, Filho et al., 2016 encontrou em seu estudo avaliando nível de qualidade de vida em pacientes de hemodiálise, uma prevalência de 77,8% de sedentários, sendo a maioria (95%) indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos. Shimoda et al., 2017, também afirma que a inatividade física em DRC tende a aumentar com o passar dos anos pela perda gradativa da massa muscular que é ainda maior nesses pacientes associada com todos os déficits nutricionais e ao processo de envelhecimento humano.

Naghettini et al., 2017 verificou em seu estudo feito com 113 DRC em hemodiálise, uma prevalência de 46,5% sedentários e descobriu ainda, que há um risco significativamente elevado de ocorrência de doenças cardiovasculares nesses indivíduos quando comparados à DRC ativos submetidos ao mesmo tratamento dediálise.

Os fatores que levam a inatividade física relatados com maior freqüência pelos DRC sedentários foram a falta de vontade de se exercitar, fadiga, fraqueza, dor, falta de tempo e medo de se machucar, respectivamente. Corroborando mais uma vez com esse estudo, Kang et al., 2017 encontrou em seu estudo com pacientes em tratamento dialítico, predomínio de sedentários (45%) e desses, a justificativa mais comum para a inatividade foi a falta de vontade de se exercitar, e com menor freqüência: fadiga, falta de tempo, dor, medo de se machucar, humor depressivo, falta de equipamento, desconhecimento sobre a importância de seexercitar.

## 2. CONCLUSÃO

Concluiu-se que a maioria dos pacientes renais crônicos da Clínica Renal da FHST submetidos à hemodiálise são sedentários e que a falta e que a falta de vontade e fadiga são os principais motivos relatados por não realizarem exercícios. Faz-se necessário uma avaliação mais complexa por parte dos profissionais da área da saúde, para conhecer melhor estes sintomas e auxiliar no processo de incentivo a realização de exercício, sendo este fundamental para estes pacientes.

## 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.C. et al., 20016''Efeitos do protocolo de reabilitação fisioterapêutica na melhora da qualidade de vida e capacidade funcional de pacientes em hemodiálise.''*AMAZÔNIA: SCIENCE & HEALTH*, Vol. 4, n. 2, p. 9-15.

ANDERTON, N. et al., 20015''Sedentary behavior in individuals With Diabetic Chronic KidneyDisease and Maintenance Hemodialysis.''*J Ren. Nutr.*Vol. 25, n. 4, p. 364-370.

BARCELLOS, F.C. et al., 20015''Effects of exercise in the whole spectrum of chronic kidney disease: a systematic review.''*Clinicalkidneyjournal*, Vol. 8, n. 6, p. 753-765.

CARACAS, D.R.S. et al., 2017''Prevalência de risco cardiovascular e nível de atividade física em pacientes com doença renal crônica em tratamento hemodialítico.''*RevistaSaúde. com,* Vol. 13, n. 2, n. 871- 878.

CUPISTI, A. et al., 2017 ''Assessment of physical activity, capacity and nutritional status in elderly peritoneal dialysis patients.'' *BMC nephrology,* Vol. 18, n. 1, p. 180.

FERREIRA, R. et al., 2015 ''Adaptações crônicas de um protocolo de treino aeróbico durante a hemodiálise.'' *Revista Inspirar Movimento & Saúde,* Vol. 7, n. 3.

FILHO, A,C.J. et al., 2016''Nível de atividade física de pacientes em hemodiálise: um estudo de corte transversal.'' *Fisioterapia e Pesquisa,* Vol. 23, n. 3, p. 234-240.

KANG, S.H. et al., 2017''The Clinical Significance of Physical Activity in Maintenance Dialysis Patients.''*KidneyandBloodPressureResearch,* Vol. 42, n. 3, p. 575-586.

MIYAHIRA, C.K. et al., 2016''Avaliação da dor torácica, sono e qualidade de vida de pacientes com doença renal crônica.''*Arquivos de Ciências da Saúde,* Vol. 23, n. 4, p. 61-66.

NAGHETTINI, A.V. et al., 2017''Fatores de risco modificáveis para doença renal crônica na Estratégia de Saúde da Família.''*Revista de CiênciasMédicas*, Vol. 25, n. 3, p. 99-106.

REGOLISTI, G. et al., 2018''Interaction of healthcare staff's attitude with barriers to physical activity in hemodialysis patients: A quantitative assessment.''*PloSone,* Vol. 13, n. 4.

SESSO,R. C., 2017''Inquérito Brasileiro de Diálise Crônica 2016.''*JornalBrasileiro de Nefrologia.*Vol. 39, n. 3, p. 261- 266.

SHIMODA, T. et al., 2017''Changes in physical activity and risk of all-cause mortality in patients on maintence hemodialysis: a retrospective cohort study.''*BMC nephrology,* Vol. 18, n. 1.

SILVA, L.C; MARINHO, P.E.M., 2015 ''Knowledge among nephrologists about the importance of exercise in the intradialytic period.''*Journalofphysicaltherapyscience,* Vol. 27, n. 9, p. 2991-2994.

WINKELMANN, E.R. et al., 2015''Capacidade funcional e qualidade de vida de pacientes com doença renal crônica pré-dialítica e em hemodiálise-Um estudo transversal.''*Jornal Brasileiro de Nefrologia,* Vol. 37, n. 1, p. 47-54.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITOS DE UM PROGRAMA DE FISIOTERAPIA AQUÁTICA EM UM GRUPO DE INDIVÍDUOS COM DISTÚRBIOS MUSCULOESQUELÉTICOS

**PERONDI, I.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**indi.p17@hotmail.com**

**CASTRO, M.B.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**mbairros@uricer.edu.com**

**MORSCH, A.L.B.C.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**anamorsch@uricer.edu**

**SBARDELOTTO, M.L.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**marisbard89@gmail.com**

**WISNIEWSKI. M.S.W.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**msalete@uricer.edu.com**

**MALYSZ, K. A.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**karimalysz@hotmail.com**

***Resumo.*** *O organismo sofre uma série de alterações estruturais e funcionais que se acumulam progressivamente devido ao processo de envelhecimento humano. Em decorrência deste fato, podem se destacar o aparecimento de diversas patologias osteomioarticulares, tais como osteoartrite, lombalgia crônica e fibromialgia. A fisioterapia aquática é um recurso que pode ser utilizado em grupos com a finalidade de reabilitar ou prevenir distúrbios ou diversas patologias. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da fisioterapia aquática em grupo em relação à qualidade de vida e a capacidade funcional de indivíduos com distúrbios musculoesqueléticos. Fizeram parte deste estudo participantes do Grupo de Coluna em hidrocinesioterapia da Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim. Os mesmos foram avaliados quanto à qualidade de vida através do questionário WHOQOL-bref, quanto à funcionalidade através do Índice de Oswestry 2.0* de incapacidade *e amplitude de movimento da coluna lombar através da goniometria. A amostra deste estudo contou com 3 participantes com média de idade de 55,67 anos. Pode-se observar que após a intervenção, houve melhora da ADM da coluna lombar em todos os movimentos analisados, uma redução de 13,33 pontos percentuais no Índice de Oswestry 2.0* de incapacidade *e a melhora de 3 dos 4 domínios do WHOQOL-bref. Frente aos resultados encontrados, conclui-se que o protocolo de fisioterapia aquática proposto obteve resultados positivos em relação à melhora da ADM da coluna lombar, da funcionalidade e da qualidade de vida dos participantes deste estudo.*

***Palavras-chaves:*** *Hidroterapia. Dor lombar. Funcionalidade.*

## 1. Introdução

O organismo sofre uma série de alterações estruturais e funcionais que se acumulam progressivamente devido ao processo de envelhecimento humano. (ALCADE et al., 2016). Em decorrência deste fato, podem se destacar o aparecimento de diversas patologias osteomioarticulares, tais como osteoartrite, lombalgia crônica e fibromialgia. (MELO, 2016). Segundo Alves (2015) a dor lombar crônica é uma das principais queixas, sendo a maior causa de afastamentos do trabalho, gerando altas despesas.

A prática de atividade física para o idoso é capaz de proporcionar efeitos orgânicos benéficos, como por exemplo, bem estar, independência, prevenção e tratamento de doenças e a diminuição das dores crônicas. (SIQUEIRA et al., 2017).

Um dos recursos mais utilizados para o tratamento de dores crônicas é a fisioterapia aquática, pois utiliza efeitos físicos, fisiológicos e cinesiológicos para a reabilitação ou prevenção de alterações funcionais. (SILVA; SILVA, 2015). As propriedades físicas e o aquecimento da água em conjunto com o uso de movimentos e exercícios específicos melhoram a Amplitude de Movimento (ADM) das articulações, diminuem a tensão muscular e promovem o relaxamento muscular, a flutuação diminui o impacto sob as articulações, reduzindo a sensibilidade dolorosa e a compressão articular. (SILVA; SILVA, 2015; SHIRABE, 2017).

A fisioterapia aquática é um recurso que pode ser utilizado em grupos, estes assistidos e acompanhados pelo fisioterapeuta, que por sua vez estabelece objetivos para cada um deles, com a finalidade de reabilitar ou prevenir distúrbios ou diversas patologias. (MOTTA et al., 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da fisioterapia aquática em grupo em relação à qualidade de vida e a capacidade funcional de indivíduos com distúrbios musculoesqueléticos.

## 2. Metodologia

O presente estudo foi composto por 3 participantes do Grupo de Coluna em hidrocinesioterapia da Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim. Considerou-se como critérios de inclusão: possuir uma e/ou mais afecções na coluna vertebral, paciente sem contraindicações ao uso da piscina, que concordasse com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e se fizesse presente na avaliação inicial e reavaliação.

Para avaliação da qualidade de vida utilizou-se o questionário WHOQOL-bref, o qual é composto por 26 questões distribuídas em quatro domínios: Físico, Psicológico, Relações Sociais e Meio Ambiente. (THE WHOQOL GROUP, 1998).

O Índice de Oswestry 2.0 de incapacidade foi utilizado para avaliação funcional da coluna lombar, incorporando medidas de dor e atividade física. A escala é constituída por 10 questões com seis alternativas de escolha, cujo valor varia de 0 a 5, a primeira pergunta mensura a intensidade da dor e as outras nove, o efeito da dor sobre as atividades diárias como: cuidados pessoais (vestir-se e tomar banho), elevar pesos, caminhar, quando está sentado, em pé, dormindo, em sua vida sexual, social e na locomoção. (FALAVIGNA et al., 2011). O escore total obtido é dividido pelo número de questões respondidas e multiplicadas pelo número 5. O resultado da divisão é multiplicado por 100 e os valores finais são demonstrados em porcentagem, ([escore ÷ (nº questões respondidas x 5)] x 100) e o ODI é classificado em incapacidade mínima (0 – 20%), incapacidade moderada (21- 40%), incapacidade severa (41 – 60%), paciente que apresenta-se inválido (61 – 80%) e indivíduo restrito ao leito (81 – 100%). (ROLAND; FAIRBANK, 2000).

A ADM em flexão e extensão da coluna lombar dos participantes foi medida de forma ativa através de goniometria com goniômetro Pró Fisiomed®, universal com marcações de 0º (zero) a 360°. O posicionamento do paciente para mensuração e os valores angulares de referência para fins comparativos seguiram o que preconiza Marques (2003), pacientes na posição de ortostase com os pés juntos e alinhados realizando primeiramente a flexão da coluna lombar (0-95º), para após a extensão (0-35º).

Após a avaliação inicial, deu-se início ao programa de exercícios hidrocinesioterapêuticos que era composto por 4 etapas:

Etapa 1 – Aquecimento: Marcha frontal, marcha lateral esquerda e direita, posterior e carioca, durante 5 minutos.

Etapa 2 – Alongamentos ativos: Membros superiores, inferiores e tronco (ênfase em grandes grupos musculares), durante 15 minutos.

Etapa 3 – Fortalecimento muscular: Membros superiores, inferiores e tronco (ênfase em grandes grupos musculares), durante 15 minutos.

Etapa 4 – Relaxamento/Desaquecimento: Jogos de integração e/ou caminhadas idênticas ao aquecimento e/ou relaxamento com auxílio de flutuadores e colete cervical, durante 10 minutos.

Os exercícios foram realizados de maneiras diversificadas ao longo dos atendimentos, em piscina aquecida a 34ºC, sendo realizados 1 vezes por semana, com duração de 50 minutos, totalizando 10 sessões. Ao término dessas, os questionários e a goniometria foram aplicados novamente.

## 3. Resultados e discussão

A amostra deste estudo contou com 2 participantes do sexo feminino e 1 participante do sexo masculino com média de idade de 55,67 anos (±17), como representado na tabela 1.

**Tabela 1 –** Dados gerais dos participantes.

| NOME | SEXO | IDADE | DIAGNÓSTICO CLÍNICO | DIAGNÓSTICO FISIOTERAPÊUTICO |
|---|---|---|---|---|
| Participante 1 | F | 43 | Artrose | Dor na coluna vertebral |
| Participante 2 | M | 75 | Lombalgia | Dor na coluna lombar |
| Participante 3 | F | 49 | Osteófitos na coluna cervical | Dor na coluna cervical |

Em relação à avaliação da ADM da coluna vertebral (CV) antes e após o protocolo de fisioterapia aquática, os resultados estão representados em relação à média e desvio padrão na tabela 2, onde pode-se observar a melhora da ADM da coluna lombar em todos os movimentos analisados.

**Tabela 2** – Resultados da ADM da coluna lombar pré e pós-intervenção em relação à média e DP.

| ADM CV | PRÉ INTERVENÇÃO | DESVIO PADRÃO | PÓS INTERVENÇÃO | DESVIO PADRÃO |
|---|---|---|---|---|
| Inclinação D | 8,33° | ±2,89 | 13,67° | ±3,21 |
| Inclinação E | 9º | ±2,65 | 14,33° | ±4,93 |
| Flexão | 39,33° | ±31,64 | 54,67° | ±22,14 |
| Extensão | 13,67° | ±5,51 | 15,67° | ±4,04 |

Arca et al. (2013), observaram que um programa de fisioterapia aquática em pacientes idosas num período de 16 semanas mostrou-se eficaz na melhora da ADM em todas articulações dos membros inferiores, atribuindo esse resultado ao empuxo e a temperatura da água.

No estudo de Rizzi; Leal; Vendrusculo (2010), foram avaliadas 23 pacientes idosas em relação à flexibilidade através do teste de sentar e alcançar que foram submetidas à 24 sessões de exercícios aquáticos. Ao final do estudo os autores observaram melhora significativa na flexibilidade das pacientes.

A fisioterapia aquática é útil na recuperação e reabilitação dos pacientes, promovendo o aumento da ADM, relaxamento muscular, diminuição da tensão muscular, analgesia, aumento na força e ganho de resistência muscular. (BELLÉ; SANTOS, 2014). Sendo assim, torna-se um recurso fisioterapêutico de grande relevância para a recuperação da ADM, podendo ser utilizada em diversas intercorrências, os exercícios na água e suas técnicas, proporcionam resultados significativos em relação a melhora da postura, ganho de flexibilidade muscular, recuperação da força muscular e na simetria corporal, facilitando assim, a restauração e manutenção da ADM, com consequente melhora da qualidade de vida. (COELHO; LEMOS; LUZES, 2015).

Ao avaliar o grau de funcionalidade através do Índice Oswestry 2.0 de incapacidade, pode-se observar uma redução de 13,33 pontos percentuais na reavaliação, porém o grau de incapacidade permaneceu na faixa que indica incapacidade intensa, como representado na tabela 3.

**Tabela 3** – Grau de funcionalidade pré e pós-intervenção apresentado em relação à média e DP.

| ÍNDICE OSWESTRY 2.0 DE INCAPACIDADE | PRÉ INTERVENÇÃO | DP | PÓS INTERVENÇÃO | DP |
|---|---|---|---|---|
| | 54% | ±21,07 | 40,67% | ±13,01 |

Nemcíc et al. (2013) compararam em seu estudo os efeitos de exercícios terapêuticos na terra e na água em pacientes com dor lombar crônica, e de acordo com os resultados apresentados, as duas propostas de tratamento são eficazes na melhora da mobilidade lombar e capacidade física de pacientes com dor lombar crônica.

No estudo supracitado é possível observar que tanto a terapia aquática quanto a terapia em solo são eficazes em pacientes com dor lombar crônica. No entanto, a terapia aquática muitas vezes é escolhida como o primeiro recurso devido às características fisiológicas da água, que permite ao paciente realizar exercícios que ele não conseguiria realizar em solo. (MELO, 2016).

A fisioterapia aquática proporciona ao tratamento uma força de impulsão do corpo para cima, na direção contrária a gravidade. A flutuação proporciona alívio à descarga imposta pelo peso estrutural anatômico, possibilitando, a realização de exercícios com redução de trauma e dor. Tais vantagens da flutuabilidade proporcionam melhora da movimentação funcional e a capacidade de realizar exercícios. A água aquecida e a pressão hidrostática auxiliam no relaxamento muscular, levando à redução tensional articular, resultando em melhora dos movimentos. (MASSELLI et al., 2012).

Em relação à avaliação da qualidade de vida dos participantes antes e após o protocolo de fisioterapia aquática, pode-se constatar a melhora de 3 dos 4 domínios do WHOQOL-bref. (Tabela 4).

**Tabela 4** – WHOQOL-bref pré e pós-intervenção, valores apresentados em relação à média dos escores de cada domínio, desvio padrão e percentual.

| DOMÍNIOS | PRÉ | DESVIO PADRÃO | % | PÓS | DESVIO PADRÃO | % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Físico | 11,43 | ±3,57 | 46,43 | 11,24 | ±2,64 | 45,24 |
| Psicológico | 14,44 | ±1,02 | 65,28 | 15,56 | ±1,02 | 72,22 |
| Relações sociais | 16,00 | ±0,00 | 75,00 | 16,44 | ±2,04 | 77,78 |
| Meio ambiente | 14,17 | ±1,61 | 63,54 | 14,50 | ±0,50 | 65,63 |
| Auto-avaliação da QV | 12,00 | ±3,46 | - | 14,00 | ±2,00 | - |
| **TOTAL** | 13,54 | ±1,87 | 59,62 | 14,05 | ±1,09 | 62,82 |

Estudos demonstram que o exercício aquático pode diminuir as dores crônicas na coluna lombar. As dores crônicas geram incapacidade física, resultando em uma qualidade de vida baixa, limitando os indivíduos em suas tarefas diárias. O estudo de Baena-Beato et al. (2014) avaliou os efeitos da terapia aquática durante dois meses em adultos sedentários com dor lombar crônica, tendo como resultados da intervenção aquática, a diminuição da dor nas costas e a melhora do nível de incapacidade, melhora do componente físico do SF-36, melhora da composição corporal, aumento da massa muscular e melhora da aptidão física.

Os resultados benéficos também ocorreram no estudo de Barberini et al. (2011), o qual verificou a utilidade de um tratamento de fisioterapia em água em uma população do setor aviário com dor lombar específica, demonstrando uma diminuição da dor, melhora do índice de incapacidade e melhora do componente saúde mental do SF-36.

A terapia aquática em grupo para indivíduos com dores lombares crônicas pode ser mais uma alternativa na busca de uma melhor qualidade de vida, diminuição da dor e da melhora da capacidade funcional, uma vez que as atividades em grupo podem promover um maior convívio social, melhorando o bem estar e a autoestima do grupo.

## 4. Conclusão

Frente aos resultados apresentados, pode-se concluir que o protocolo de fisioterapia aquática proposto obteve resultados positivos em relação à melhora da ADM da coluna lombar, da funcionalidade e da qualidade de vida dos participantes deste estudo.

## Referências

ALCADE, et al. Impacto do programa de fisioterapia aquática na mobilidade funcional de idosos da comunidade. **Revista Kairós Gerontologia**, v. 19, n. 4, p. 243-253, 2016.

ALVES, V. C. **Eficácia da hidroterapia na redução da dor e na melhora da função física em indivíduos com lombalgia**. Monografia (Especialização) – Fisioterapia em Ortopedia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ARCA, E. A. et al. Efetividade do programa de fisioterapia aquática na amplitude de movimento em idosas. **Revista Kairós Gerontologia.** v. 16, n. 5, p. 73-82, 2013.

BAENA-BEATO, P.A. et al. Aquatic therapy improves pain, disability, quality of life, body composition and fitness in sedentary adults with chronic low back pain. A controlled clinical trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 28, n. 4, p. 350–360, 2014.

BARBERINI, A. et al. Hydrotherapy on workers in the poultry industry with low back pain. A randomized controlled trial with 3 months of follow-up. **Scienza Riabilitativa**, v. 13, n. 4, p. 5-11, 2011.

BELLÉ, D.C.B; SANTOS, R.V. Efeitos de um programa de fisioterapia aquática da amplitude de movimento de mulheres mastectomizadas. **Revista Perspectiva**. v.38, p.17-25, 2014.

COELHO, C. C. S.; LEMOS, T. S. A.; LUZES, R. Os efeitos da hidroterapia na recuperação da amplitude de movimento. **Revista Discente da UNIABEU.** v. 3, n. 6, p. 1-7, 2015.

FALAVIGNA, A., et al. Instrumento de avaliação clínica e funcional em cirurgia de Coluna Vertebral. **Coluna/Columna**, v. 10, n. 1, p. 62-67, 2011.

MARQUES, M. A. **Manual de Goniometria**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2003.

MASSELLI, M. R. et al. Efeitos dos exercícios aquáticos na osteoartrite do quadril ou joelho: revisão. **Colloquium Vitae**. v. 4, n. 1, p. 53-61, 2012.

MELO, F. C. A. **Benefícios dos exercícios aquáticos em idosos com afecções musculoesqueléticas**: Uma revisão sistematizada. Trabalho de Conclusão de Curso de Fisioterapia da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

MOTTA et al. Avaliação do equilíbrio e do condicionamento cardiorrespiratório de participantes do grupo de atividades hidrocinesioterapêuticas do centro universitário franciscano em Santa Maria, RS. **Revistas interdisciplinares Sobre o Envelhecimento**, v. 20, n. 3, p. 745-754, 2015.

NEMCÍC, T. et al. Comparison of the effects of land-based and water-based therapeutic exercises on the range of motion and physical disability in patients with chronic low-back pain: single-blinded randomized study. **Acta Clin Croat**, v. 52, n. 3, p. 321-327, mar. 2013.

RIZZI, P. R. S.; LEAL, R. M.; VENDRUSCULO, A. P. Efeito da hidrocinesioterapia na força muscular e na flexibilidade em idosas sedentárias. **Fisioterapia e Movimento.** v. 23, n. 4, p. 535-543, 2010.

ROLAND M, FAIRBANK J. The Roland-Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. **Spine Journal**, v.25, n. 24, p. 3115-24, 2000.

SHIRABE, N. A. **Exercícios aquáticos nas disfunções musculoesqueléticas**. Relatório Técnico (Mestrado) - Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde da UNOPAR, Londrina, 2017.

SILVA, R. M. V.; SILVA, C. N. Efeitos dos exercícios aquáticos no equilíbrio de idosos: revisão de literatura. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 5, n. 2, p.:170-177, 2015.

SIQUEIRA et al. Efeito de um programa de fisioterapia aquática no equilíbrio e capacidade funcional de idosos. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 10, n. 2, p. 331-338, 2017.

THE WHOQOL GROUP. Development of the World Health Organization WHOQOL-BREF Quality of Life Assessment. **Psychological Medicine**, v. 28, n. 3, p. 551-558, 1998.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# SEGURANÇA NO USO DE NANOCÁPSULAS CONTENDO ANTI-INFLAMATÓRIOS: ESTUDO HISTOLÓGICO EM CAMUNDONGOS

**Juliana Andriolli Ribeiro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP: 99709-910
juli_ribeeiro@hotmail.com

**Ederlan Magri**
Universidade Federal do Paraná. Rua dos Funcionários, 1540, Curitiba-PR, Brasil. CEP: 80035-060
ederlan.magri@gmail.com

**Cristiane Luchese**
Universidade Federal de Pelotas. Rua Gomes Carneiro, 1, Centro, Pelotas-RS. CEP: 96010-610
cristiane_luchese@yahoo.com.br

**Simone Pinton**
Universidade Federal do Pampa. BR 472-Km 585, Uruguaiana-RS. CEP:97501-970
sipinton@gmail.com

**Sandra Haas**
Universidade Federal do Pampa. BR 472-Km 585, Uruguaiana-RS. CEP:97501-970
sandra.hass@gmail.com

**Albanin Aparecida Mielniczki Pereira**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP: 99709-910
albanin@uri.com.br

**Natalia Paroul**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP: 99709-910
nparoul@uriver.edu.br

**Silvane Souza Roman**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil. CEP: 99709-910
roman@uricer.edu.br

***Abstract.*** *A nanotecnologia vem crescendo como uma estratégia para melhorar a biodisponibilidade de fármacos, permitindo melhor resposta terapêutica. As nanopartículas transportam fármacos insolúveis e controlam a liberação do fármaco, mas também apresentam desvantagens, como a citotoxicidade do polímero utilizado como invólucro do fármaco. O objetivo foi avaliar a toxicidade de nanocápsulas de curcumina, a partir da histologia de órgãos de camundongos Swiss machos. Foram utilizados 47 animais, divididos em 9 grupos. O teste de toxicidade ocorreu após dose única do fármaco, via oral, os animais foram avaliados por 14 dias, e no 15º realizou-se a eutanásia, e coleta dos principais órgãos de metabolização e excreção e, em seguida foi feita o processamento histológico pela em parafina e análise em microscopia de luz. A histologia do tecido hepático mostrou vacuolização citoplasmática nos grupos NC2-Br e NC3-Br em relação ao controle, que pode ocorrer de forma espontânea, como resposta fisiológica na tentativa de limitar a ocorrência de um possível dano. A avaliação renal apresentou dilatação tubular distal no grupo NC4-Cur em relação ao controle, caracterizando congestão do leito capilar, podendo ser indicativo de insuficiência renal aguda. As nanocápsulas indicaram uma possível toxicidade frente à análise histológica.*

***Palavras-chave:*** *Nanotecnologia, Lipossolubidade, Polímeros, Curcuma longa L.*

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre a variedade de plantas utilizadas na medicina popular, destaca-se o extrato de açafrão (*Curcuma longa* L.). Uma erva perene da família Zingiberaceae, nativa do sul da Ásia, e cultivada extensivamente em todos os ambientes de clima quente (Araújo et al, 2016). A planta de *C. longa* L. possui um rizoma com inúmeras ramificações que exibem cor alaranjada, que se dá pela presença de pigmentos curcuminoides como a curcumina (Gonçalves et al, 2014).

A curcumina possui efeitos anti-inflamatórios, anticancerígenos, antioxidantes e antimicrobianos, como indicam alguns estudos já realizados por Swanson et al. (2010) que mostraram que o extrato de *C. longa* tem efeitos antioxidantes e a capacidade de modular a resposta inflamatória. Hamzah (2011) avaliou o efeito antiinflamatório do gel tópico com curcumina no modelo de edema de pata de ratos induzido por carragenina, que ao final do estudo apresentou uma redução de 30% no edema dos ratos tratados com o gel contendo curcumina.

Apesar do grande potencial terapêutico que a curcumina apresenta, sua aplicação clínica é limitada por apresentar diversas desvantagens. Trata-se de um fármaco com baixa solubilidade aquosa, dificultando a administração pela via intravenosa, e quando administrado por via oral o fármaco é pouco absorvido pelo intestino (Syng-ai et al. 2004). Para evitar que esses problemas ocorram a curcumina foi associada a transportadores coloidais, as nanopartículas poliméricas, devido ao seu potencial de aumentar a eficácia terapêutica e reduzir os efeitos colaterais indesejáveis das drogas.

A nanotecnologia vem crescendo como uma excelente estratégia para melhorar a dissolução e biodisponibilidade oral de fármacos que possuem pouca solubilidade, além de proteger o fármaco da degradação química e enzimática, permitindo uma melhor resposta terapêutica (Hillaireau e Couvreur, 2009). As nanopartículas são capazes de transportar fármacos insolúveis em água por via intravenosa, protegem a molécula da degradação in vivo, e controlam a liberação do fármaco, pois são formadas por um invólucro polimérico que contém um núcleo oleoso, desta forma o fármaco pode estar dissolvido neste núcleo e/ou adsorvido a parede polimérica (Paese, K. 2008).

As nanopartículas também apresentam desvantagens, dentre elas serem derivadas de solventes orgânicos, os quais são necessários na sua preparação e ainda a citotoxicidade do polímero utilizado como invólucro do fármaco (Mazzarino et al, 2010). Sendo que as nanopartículas obtidas a partir de polímeros, podem ter na sua composição polímeros sintéticos como policaprolactona (PCL) ou polímeros naturais como a quitosana (Souza, Mattoso e Moura, 2014). Devido ainda ser uma tecnologia recente, estudos toxicológicos de nanocápsulas são fundamentais para que se faça um uso seguro na saúde humana, pois estes estudos permitem o estudo da menor concentração tóxica dessas substâncias no organismo, e também avaliar quais os órgãos mais afetados (Oberdöster et al., 2007). Frente a esse contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade de nanocápsulas de curcumina, a partir da histologia de órgãos de camundongos Swiss machos.

## 2. METODOLOGIA

Para os testes foram utilizados 47 camundongos machos da linhagem Swiss, pesando entre 30 e 40 g, com cerca de 60 dias de idade, oriundos do Biotério da URI – Campus Erechim.

Os animais foram divididos em 9 grupos conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 01:** Divisão dos grupos representando as formulações que cada um recebeu no primeiro dia de experimento.

| **Grupos/Formulações** | **Nº Animais** |
|---|---|
| Controle negativo | |
| Curcumina - fármaco livre | 4 |
| NC1-CUR - nanocápsulas negativas, revestidas com polisorbato 80 (contendo curcumina) | 4 |
| NC2-CUR - nanocápsulas positivas, revestidas com eudragit (contendo curcumina) | 5 |
| NC3-CUR - nanocápsulas negativas, revestidas com PEG (contendo curcumina) | 5 |
| NC4-CUR - nanocápsulas positivas, revestidas com quitosana (contendo curcumina) | 5 |
| NC1-BR - nanocápsulas negativas, revestidas com polisorbato 80 (sem fármaco) | 5 |
| NC2-BR - nanocápsulas positivas, revestidas com eudragit (sem fármaco) | 5 |
| NC3-BR - nanocápsulas negativas, revestidas com PEG (sem fármaco) | 4 |
| NC4-BR - nanocápsulas positivas, revestidas com quitosana (sem fármaco) | 5 |

O teste de toxicidade aguda ocorre após um único contato (dose única), avaliando a mortalidade, imobilidade dos organismos, influência no metabolismo e em reações bioquímicas. Além disso, o protocolo prevê observação dos animais ao longo de 14 dias. No primeiro dia do experimento foi administrado o fármaco livre e associado as diferentes formulações (tabela 1), por via oral (gavagem). Em seguida, os animais foram avaliados quanto aos sinais clínicos comportamentais, nos tempos de 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 4 h e 8h e, a partir de então foram avaliados a cada três dias, até o décimo quarto dia (Malone e Robichaud,1962). No décimo quinto dia os animais foram eutanasiados, e os principais órgãos de excreção e metabolização foram coletados, como rins e fígados. Posteriormente foram fixados em formol tamponado 10%, e após os órgãos foram submetidos ao processamento histológico.

Para a análise estatística foram realizados testes de normalidade (Shapiro-Wilk). Os dados apresentaram, distribuição paramétrica, assim, foram submetidos a análise de variância, seguida por teste de Tukey quando $p<0,05$. As análises foram efetuadas no software R.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise histológica do tecido hepático baseou-se em sete parâmetros, havendo alterações estatisticamente significativas entre os grupos somente em uma delas. O achado histopatológico hepático mostrou vacuolização citoplasmática significativamente diferentes no grupo NC2-Br e NC3-Br em relação ao controle. Os resultados da análise podem ser verificados na Fig. 1 e Quadro 1.

A vacuolização pode ocorrer nas células de forma espontânea, ou através de estímulos que induzem seu aparecimento. Essa vacuolização, que ocorre de forma espontânea, é encontrada em aglomerados individuais de células, e as que estão localizadas próximas permanecem inalteradas, cabe ressaltar ainda que a vacuolização nas células é vista como uma resposta fisiológica de adaptação, na tentativa de limitar a ocorrência de um possível dano (Henics e Wheatley, 1999). É importante ressaltar que observando ao microscópio, foi possível avaliar um aglomerado de células no grupo NC2-Br, o que corrobora com dados da literatura.

**Figura 1:** Fotomicrografia de um fragmento hepático onde em A - controle negativo. Mostrando hepatócitos de aspecto normal (setas); B - NC2-Br. Hepatócitos com vacuolização citoplasmática (cabeça de seta). Em C – NC3-Br, também é possível observar vacuolização citoplasmática.

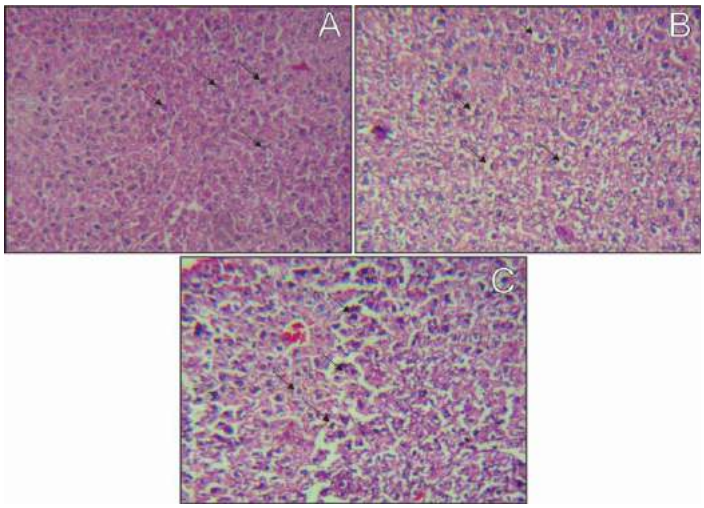
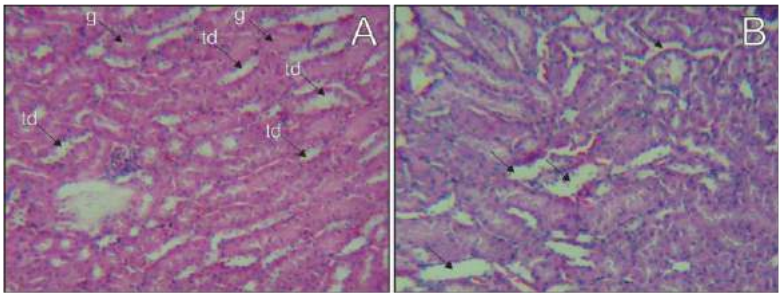


**Figura 2:** Fotomicrografia de um lóbulo renal onde em A – controle negativo, podemos notar arquitetura renal preservada, com glomérulos (g) e túbulos distais (td); B – NC4-Cur, nota-se dilatação tubular distal (seta).




No Quadro 1 pode ser observado o parâmetro histológico renal que apresentou alteração, onde pode ser verificada diferença significativa no parâmetro dilatação tubular distal (p=0,03) no grupo NC4-Cur em relação ao controle, Fig. 2.

A biópsia renal constitui método de diagnóstico fundamental, tendo valor prognóstico, e influenciando na decisão terapêutica nas doenças glomerulares, vasculares e túbulo-intersticiais (Peres et al., 2011). As amostras renais analisadas revelaram dilatação dos túbulos, indicando elevada presença de hemácias preenchendo sua luz, o que caracteriza congestão do leito capilar, intimamente ligada às fases que subdividem a patogênese da insuficiência renal aguda (Devarajan, 2006).

**Quadro1:** Número de animais indicando a intensidade dos parâmetros de toxicidade (0= ausência; 1= pouco; 2= moderado; 3= intenso) nos diferentes grupos.

| Grupos /Parâmetros | | Controle Negativo | NC2-Br | NC3-Br |
|---|---|---|---|---|
| **Fígado** | Vacuolização citoplasmática | 1 2 0 0 0 | 3 3 1 2 2 | 2 1 2 3 0 |
| | | **p = 0,01** | **p = 0,01** | **p = 0,03** |

| | | Controle negativo | NC4- Cur |
|---|---|---|---|
| **Rim** | Dilatação tubular distal | 0 1 1 0 0 | 2 2 1 1 0 |
| | | **p = 0,03** | **p = 0,03** |

## 4. CONCLUSÃO

As nanocápsulas dos grupos NC2-Br, NC3-Br e NC4-Cur apresentaram indicativos leves de toxicidade frente aos parâmetros histológicos analisados. Mas vale ressaltar a necessidade de maiores avaliações frente a diferentes protocolos.

## 5. REFRÊNCIAS

ARAUJO, Lilhian A. et al. Physicochemical/photophysical characterization and angiogenic properties of Curcuma longa essential oil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 88, n. 3, p. 1889-1897, 2016.

GONÇALVES, Gisele Mara Silva et al. Use of Curcuma longa in cosmetics: extraction of curcuminoid pigments, development of formulations, and in vitro skin permeation studies. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 50, n. 4, p. 885-893, 2014.

SWANSON, Cheri et al. Biomarker analysis confirms the antioxidant and anti inflammatory activity of a colorless turmeric extract in vitro. Journal of the American Academy of Dermatology, v. 62, n. 3, p. AB23, 2010.

HAMZAH, M. M. Evaluation of topical preparations containing Curcuma, Acacia and Lupinus extracts as an anti-inflammatory drugs. International Journal of Applied Research in Natural Products, v. 4, n. 2, p. 19-23, 2011.

SYNG-AI, Christine; KUMARI, A. Leela; KHAR, Ashok. Effect of curcumin on normal and tumor cells: role of glutathione and bcl-2. Molecular Cancer Therapeutics, v. 3, n. 9, p. 1101-1108, 2004.

HILLAIREAU, Hervé; COUVREUR, Patrick. Nanocarriers' entry into the cell: relevance to drug delivery. Cellular and Molecular Life Sciences, v. 66, n. 17, p. 2873-2896, 2009.

PAESE, Karina. Desenvolvimento tecnológico, estudo da fotoestabilidade e avaliação da permeação cutânea in vitro da benzofenona-3 a partir de nanocápsulas poliméricas incorporadas em diferentes veículos semi-sólidos. 2008.

MAZZARINO, Letícia et al. Desenvolvimento de sistemas nanoestruturados contendo curcumina e avaliação in vitro e in vivo em modelo de melanoma murino B16-F10. 2009.

SOUZA, J. R.; MATTOSO, L. H. C.; DE MOURA, M. R. Padronização da síntese de nanocápsulas poliméricas de PCL contendo óleo essencial de cravo para aplicação como biomaterial, 2014.

OBERDÖRSTER, Günter; STONE, Vicki; DONALDSON, Ken. Toxicology of nanoparticles: a historical perspective. Nanotoxicology, v. 1, n. 1, p. 2-25, 2007.

HENICS, T; WHEATLEY, D. N. Cytoplasmic vacuolation, adaptation and cell death: a view on new perspectives and features. Biology of the Cell, v. 91, n. 7, p. 485-498, 1999.

PERES, L. A. B., LEIVAS, A. F. G., HENDGES, C., RADKE, E., JUNG, A. K. B., MINIKOWSKI, A. C., ... & NEGRETTI, F. (2011). Padrão histológico de biópsias renais em rins nativos. *Revista da Sociedade Brasileira de*, *9*(1), 42-5.

DEVARJAN, D. Update on Mechanisms of Ischemic Acute Kidney Injury. Nephrology and Hypertension, Cincinnati Children's Hospital Medical Center, University of Cincinnati School of Medicine, Cincinnati, Ohio. J. Am. SocNephrol. 17: 1503-1520, 2006.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITOS DO TREINAMENTO COM MINI-TRAMPOLIM REALIZADO NA ÁGUA E NO SOLO SOBRE AS VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS, DENSIDADE MINERA ÓSSEA E MARCADORES DE REMODELAÇÃO ÓSSEA EM ADULTAS JOVENS

**MALYSZ, K. A.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
karimalysz@hotmail.com

**CAMERA, F.D.M.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
ferdalmaso@hotmail.com

**CASTRO, M.B.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
mbairros@uricer.edu.com

**GUEDES, J.M.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
janescaguedes@yahoo.com.br

**MORSCH, A.L.B.C.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
anamorsch@uricer.edu

**SBARDELOTTO, M.L.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
marisbard89@gmail.com

***Resumo.*** *Os exercícios aquáticos têm sido frequentemente procurados como prática de atividade física. O minitrampolim, também conhecido como "rebound exercise" constitui uma alternativa de exercícios realizados sobre uma minicama elástica individual no solo ou no meio aquático e vem ganhando popularidade, causando adaptações e incrementos nos sistemas ósseo, neuromuscular e cardiovascular. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de um programa de 16 semanas de treinamento com mini-trampolim realizado no solo e no meio aquático sobre as variáveis antropométricas, densidade mineral óssea e marcadores de remodelação óssea em adultas jovens. Para tal vinte e sete mulheres (33,9 ± 3,3 anos) foram divididas aleatoriamente em dois grupos: treinamento com mini-trampolim na água (Ga, n=14) e treinamento com mini-trampolim no solo (Gs, n=13). Cada grupo treinou duas vezes na semana num total de dezesseis semanas. As participantes realizaram avaliação das variáveis antropométricas (percentual de gordura (%G), massa corporal magra (MCM), índice de massa corporal (IMC) e relação cintura quadril (RCQ), exames laboratoriais para avaliação dos marcadores de formação e reabsorção óssea (fosfatase alcalina (ALP), fosfatase alcalina óssea (ALP óssea), fosfatase ácida (ACP) e fosfatase ácida tartarato resistente (FTR) e densitometria óssea para avaliação da densidade mineral óssea lombar (DMO lombar) e colo do fêmur (DMO colo do fêmur). Foi utilizado o teste Shapiro-wilk para verificar a normalidade dos dados, a fim de se comparar o comportamento das variáveis antropométricas, densidade mineral óssea e remodelação óssea foram utilizados os testes não paramétricos de Wilxocon para amostras dependentes, e de Mann Whitney para amostras independentes, admitindo significância para p≤ 0,05.Com relação às variáveis antropométricas foi possível verificar diminuições significativas na MCM e %G para ambos grupos (p≤ 0,05). Foi observado diminuição significativa para ALP e aumentos significativos para ALP óssea, ACP e FTR tanto*

*para o Ga quanto para o Gs (p≤ 0,05). Já a DMO do colo do fêmur demonstrou melhoras significativas para os grupos treinados, enquanto que a DMO lombar apresentou aumento significativo somente para o Gs (p≤ 0,05). Os resultados sugerem que o treinamento com mini-trampolim tanto na água quanto no solo mostraram-se eficientes nas variáveis analisadas, seguindo uma forte tendência através de estudos realizados à exploração do ambiente aquático com resultados tão efetivos quanto no solo.*

***Palavras-chaves:*** *Mini-trampolim. Variáveis antropométricas. Densidade Mineral óssea*

## 1. Introdução

As modificações relacionadas com o envelhecimento sobre o sistema muscular e ósseo constituem, talvez, uma maior fonte de preocupação, que de maneira progressiva leva uma diminuição da capacidade funcional e consequentemente da qualidade de vida. O envelhecimento ósseo tem início mais precoce que outros sistemas, até os 20 anos ocorre aumento da massa óssea, doas 20 aos 30 anos, há uma estabilização entre o processo de formação e reabsorção óssea. A partir dos 30 anos, começa uma diminuição sultil da massa óssea de 0,5% ao ano e no período da menopausa, as mulheres perdem cerca de 8% da massa a cada década (FRISCHENBRUDER; ROSE, 1996).

Existem alguns fatores que estão associados com a massa óssea, entre eles: alimentação, genética, estado hormonal, hábitos de vida como a prática de exercícios físicos, que parece ter destaque fundamental tanto no ganho como na prevenção da massa óssea prevenindo dessa forma doenças relacionadas à diminuição da densidade mineral óssea (POLLITZER; ANDERSON, 1989).

Desse modo, o exercício físico encontra-se cada vez mais em evidência pelos benefícios ocasionados no organismo, podendo ser realizados em diferentes ambientes com diferentes movimentos, variações e combinações. Os exercícios aquáticos tem sido frequentemente procurados por ser um meio prazeroso e com maior facilidade na execução dos exercícios. Os benefícios dos exercícios aquáticos estão relacionados às características físicas da água (MOREIRA, 2001).

Em decorrência dos efeitos positivos dos exercícios físicos no ambiente aquático, outras atividades originalmente desenvolvidas no solo, são adaptadas para a água. O mini-trampolim, ou jump, também conhecido como "rebound exercise" constitui uma alternativa de exercícios realizados sobre uma minicama elástica individual inicialmente praticada no solo e posteriormente na água. O mini-trampolim possui uma superfície elástica e sistema de fixação de molas de especial resistência, que permitem atingir alta performance na execução dos exercícios (ALONSO, 2007).

O exercício no mini-trampolim causa maior estímulo que o similar no solo, causando adaptações e incrementos nos sistemas ósseo, neuromuscular e cardiovascular, em um tempo menor e com maior intensidade. Por ser uma proposta de atividade física recente, utilizado no solo e no meio aquático fica claro a importância de pesquisas que possam trazer maiores informações sobre esta interessante opção para a prática regular de exercícios físicos e seus possíveis efeitos sobre o organismo e consequentemente sobre a qualidade de vida de seus praticantes.

Em função disso, a proposta do presente estudo foi avaliar os efeitos de um programa de 16 semanas de treinamento com mini-trampolim realizado no solo e no meio aquático sobre as variáveis antropométricas, densidade mineral óssea e marcadores de remodelação óssea em adultas jovens.

## 2.Metodologia

Vinte e sete mulheres voluntárias com idade entre 30 e 40 anos foram divididas aleatoriamente em dois grupos: treinamento com mini-trampolim na água (Ga, n=14, idade=33, 2 ± 3,06 anos) e treinamento com mini-trampolim no solo (Gs, n=13, idade=34, 4 ± 3,4 anos). No início e no final de dezesseis semanas de estudo, as participantes foram submetidas às avaliações das variáveis antropométricas, marcadores de remodelação óssea e densidade mineral óssea.

Critérios de inclusão: mulheres adultas jovens (idade entre 30 e 40 anos) voluntárias, sedentárias, com autorização médica para realizar exercício físico e com IMC entre 19 e 30 $Kg/m^2$

Critérios de exclusão: mulheres que apresentaram uma frequência menor que 90% nos programas de exercícios físicos propostos pelo estudo; que apresentassem problema musculoesquelético e, por isso, durante o estudo pudessem sofrer alguma intercorrência, comprometendo a sua integridade física

Todas as voluntárias foram igualmente familiarizadas com o jump tanto no solo como na água, como garantia que esse fator não tivesse influência nos resultados.

<u>Variáveis antropométricas:</u>

- %G e MCM: utilizou-se o protocolo proposto por Jackson e Pollock para mulheres, que utiliza os valores de três dobras cutâneas (tríceps, supra-ilíaca e coxa) a fim de determinar a densidade corporal. A fórmula de Siri foi utilizada para a obtenção do %G das participantes do estudo (POLLOCK e WILMORE, 1993).
- RCQ: relação cintura-quadril mensurada através de uma fita métrica flexível que permitiu aplicar pressão constante sobre a superfície da pele durante toda a medição. O perímetro de cintura foi realizado no plano horizontal, na distância média entre a última costela e a crista-ilíaca. Essa medida foi obtida ao final de uma expiração normal. O perímetro do quadril foi determinado no plano horizontal, no nível de maior protuberância dos glúteos O índice da RCQ foi obtido através da divisão da medida da cintura pela medida do quadril (GUEDES; GUEDES, 2006)

- IMC: índice de massa corporal, ou índice de Quetelet, foi utilizado para aferir o peso da avaliada em relação à sua altura, sendo calculado por meio da divisão do peso corporal, em quilos, pela estatura, em metros quadrados (peso/estatura$^2$). Após calculado o IMC, os resultados foram classificados segundo a OMS (2003).

Força muscular:

- Teste de 1 RM: avaliação do força máxima através do exercício de agachamento (MARINS; GIANNICHI, 2003).
- Teste de 20 RM: avaliação da força submáxima através do exercício de agachamento (MARINS; GIANNICHI, 2003).

Os testes de 1 RM e 20 RM foram realizados em diferentes datas, com intervalo de 48 horas entre os testes.

Densidade mineral óssea:

- Densitometria óssea: a massa óssea foi avaliada utilizando o aparelho densitômetro Lunar Excellence in Imaging DPX Xray Bone Densitometer with SmartScan Version 4.7e. A DMO foi avaliada na coluna lombar (L1-L4) e no quadril foram analisadas as regiões do colo do fêmur, triângulo de wards, da porção trocantérica correspondente e a análise total destas áreas.
- Marcadores de remodelação óssea:
  - Formação óssea:
- Fosfatase alcalina: a dosagem foi realizada com o reagente *Fosfatase alcalina cinética (Labtest Diagnostica) pelo princípio* Colorimétrico (Bowers e Mc Comb modificado); De cada amostra procedeu-se duas dosagens: a primeira, após incubação a 37ºC durante dez minutos, fornecia a atividade total da fosfatase alcalina plasmática; a segunda, após incubação a 56ºC durante cinco minutos, fornecia a atividade de fosfatase alcalina plasmática termoestável.
- Reabsorção óssea:
- Fosfatase ácida: utilizou-se o reagente da marca Labtest Diagnóstica pelo princípio Colorimétrico (Roy modificado) conforme especificações do fabricante.
- Fosfatase ácida tartarato resistente: utilizou-se o reagente da marca Labtest Diagnóstica pelo princípio Colorimétrico (Roy modificado) conforme especificações do fabricante.

O treinamento teve duração de 16 semanas de treinamento com mini-trampolim no solo e no meio aquático. A periodização do treinamento foi composto por um macrociclo dividido em quatro mesociclos, cada um contendo quatro microciclos, totalizando ao final 32 sessões de treinamento. Cada microciclo foi composto por duas sessões de treinamento de 45 minutos. Cada sessão de treinamento de 45 minutos foi dividida da seguinte forma: 05 minutos aquecimento articular, 30 minutos de trabalho aeróbio e 10 minutos de volta a calma/relaxamento (Figura A).

| **Mesociclos** | **Semanas** | **Intensidade** |
|---|---|---|
| 1º Mesociclo | 1 – 4 | 55 a 65% $FC_{res}$ |
| 2º Mesociclo | 5 – 8 | 65 a 75% $FC_{res}$ |
| 3° Mesociclo | 9 – 12 | 75 a 85% $FC_{res}$ |
| 4º Mesociclo | 12 – 16 | 85 a 90% $FC_{res}$ |
| Figura A – Periodização das dezesseis semanas de treinamento. | | |

Os exercícios foram organizados em dois blocos, sendo que cada bloco foi composto por cinco exercícios, modificando-os a cada minuto. Os exercícios foram os mesmos, tanto para grupo de treinamento em água, como no solo.

Para o controle da intensidade foi realizada a aferição da FC ao final de cada bloco. Para o grupo com mini-trampolim no meio aquático (Ga), mostrou-se a escala de BORG, que indica o valor correspondente à percepção subjetiva do esforço.

A fim de atender aos objetivos propostos para o estudo, as informações coletadas foram tratadas estatisticamente mediante o uso do pacote computadorizado Statistic for Windows SPSS 17.0, adotando-se o seguinte procedimento: para verificar a normalidade dos dados foi realizado o Teste Shapiro-Wilk e a fim de se comparar o comportamento das variáveis antropométricas, densidade mineral óssea e marcadores de remodelação óssea foram utilizados os testes não paramétricos de Wilcoxon, para amostras dependentes, e de Mann-Whitney para amostras independentes, ambos ao nível de significância de 5%.

**3. Resultados e discussão**

A amostra foi composta por 27 participantes que atenderam aos critérios de inclusão, com média de idade de 33,9 ± 3,3 anos e divididas em dois grupos: Ga (n=14, média de idade de 33,2 ± 3,06 anos) e Gs (n=13, média de idade de 34,4 ± 3,4 anos).

Em relação às características antropométricas, não se verificou diferença estatisticamente significativa ao se compararem os valores de massa corporal, IMC, RCQ antes e após a realização dos diferentes programas de treinamento e, também entre os grupos. Para a variável MCM houve diferenças significativas antes e após a realização dos diferentes

programas de treinamento ($p \leq 0,05$), no entanto não houve alterações estatisticamente significativas entre os grupos. Para o % G houve redução significativa pré e pós- treinamento, sendo que na comparação, o Ga apresentou uma maior diminuição do pré para o pós e de um grupo para o outro ($p \leq 0,05$).

Conforme Alonso *et al*. (2005) o treinamento durante 16 semanas, pré-coreografados, controlado por batidas por minuto (bpm), 3 sessões semanais em mini-trampolim em solo, com 26 mulheres, entre 19 e 28 anos, não provocou diferenças significativas nas variáveis de %G, MCM, IMC e RCQ, o que contraria o presente estudo para as variáveis MCM e %G. Possivelmente isso se deve ao tipo de treinamento aplicado, com estrutura fixa de aula, sem evolução da intensidade do exercício ao longo do tempo, apenas durante a sessão.

Anjos *et al.* (2006), compararam dados antropométricos, índice de massa corporal e relação circunferência cintura-quadril em um treinamento com mini-trampolim no solo e na água, com 80 mulheres entre 20 e 35 anos, três sessões semanais e macrociclo de 16 semanas. Constataram redução do IMC em ambos os grupos. Os valores de RCQ reduziram-se nas que se exercitaram no meio aquático, aumentando nas demais, contrariando os valores do presente estudo. Cabe destacar que, no estudo de Anjos *et al*. (2006), o incremento ao treinamento acontecia com o aumento dos bpms musicais, diferente do que aconteceu no presente estudo, onde o aumento da intensidade ocorreu pelo aumento do % da FC a cada mesociclo.

Com intensidade de treinamento e amostra similares ao do presente estudo, Tomassoni *et al*. (1985), verificaram os efeitos do mini-trampolim em solo, em 21 mulheres sedentárias, com idade entre 18 e 28 anos, totalizando oito semanas, com três sessões semanais, progressão de 30-40 minutos por sessão e intensidade de 75-80% da $FC_{max,,}$ sem controle da dieta. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas intra e intergrupos no peso e %G, após o treinamento. O presente estudo teve um período maior de treinamento, podendo ser uma justificativa à obtenção de diferenças significativas observadas na MCM e %G.

O confronto da atividade aeróbia de mesma intensidade no ambiente aquático e no solo revelou que os indivíduos praticantes de hidroginástica diminuíram 2% de gordura corporal, enquanto os que realizaram exercícios no solo perderam 1,1% (BAUM, 2000).

Durante o período de treinamento de dezesseis semanas, pode-se verificar aumento significativo para o Teste de 1RM pré e pós-treinamento (avaliação intra-grupos). O mesmo ocorreu com o Teste de 20 RM para o G1 e G2, no entanto na comparação entre os grupos para 1 RM e 20 RM, não houve diferenças significativas.

Cardoso *et al.* (2004) investigaram 35 mulheres com idade entre 35 e 75 anos durante 12 semanas, e encontraram aumentos significativos em força muscular com um percentual médio na musculatura de adutores do quadril de 11,62%. Corroborando com os resultados do presente estudo e de Cardoso *et al.* (2004), Muller (2002), ao investigar 27 idosas divididas em três grupos, hidroginástica tradicional, grupo controle e grupo com treinamento de hidroginástica com ênfase em força, encontrou um aumento significativo no pós teste de 1 RM, somente no grupo com trabalho periodizado para força. Embora no presente estudo tenha sido analisado membros inferiores como um todo, os percentuais de aumento de força foram significativamente maiores, indicando possivelmente a eficiência da periodização e da superioridade do tempo de duração da presente pesquisa que foi de 16 semanas, enquanto que os outros estudos foram de 12 semanas.

Observando os resultados estatísticos, para a variável DMO lombar não foram observadas alterações significativas para o G1, já para o G2 os resultados mostraram uma melhora significativa. Apesar de ter sido observado uma tendência de melhora maior para o G2 (2,4 vezes maior em comparação a melhora de DMO observada no G1), não foi possível detectar diferenças significativas nos valores de DMO lombar entre os grupos. Houve alteração estatisticamente significativa na DMO do colo do fêmur tanto para o G1 quanto para o G2. Na comparação entre os grupos, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas.

A falta de protocolos bem definidos, determinando tipo, freqüência, intensidade e duração de exercícios específicos dificultam a escolha do programa de exercício físico para melhora ou manutenção da DMO em diferentes faixas-etárias.

Bassey *et al* (1998), compararam os efeitos de 12 meses de mini-trampolim na DMO lombar e do fêmur em mulheres pré e pós menopáusicas e comprovaram que 50 saltos seis vezes semanais foi capaz de aumentar a DMO nas mulheres pré menopáusicas. Uma possível justificativa que corrobora com o presente estudo é que os efeitos dos exercícios com sobrecarga no osso são locais-específicos, sendo verificado através dos resultados principalmente no aumento da DMO no colo do fêmur (LAYNE; NELSON, 1999).

Indo ao encontro dos resultados da presente pesquisa, alguns estudos com resultados positivos na DMO, sugerem que o local onde é aplicado maior peso apresenta maiores valores (LAYNE; NELSON, 1999).

Bálsamo (2002), sugere que atividades aquáticas são relevantes no ganho da massa óssea. Tsukahara *et al.*(1994), comprovaram aumento da DMO lombar no grupo de 35 japonesas pós-menopáusicas que realizavam atividades aquáticas, em comparação com as que tinham iniciado as atividades e um decréscimo de 1% no grupo controle. Estes resultados sugerem que a participação constante em programas de exercícios realizados no meio aquático é um fator importante na prevenção da perda óssea. No presente estudo, a DMO do colo do fêmur apresentou melhora significativa entre o pré e pós teste no G1, podendo ser justificado provavelmente, pela resistência imposta pelo meio aquático.

Os resultados obtidos na presente pesquisa podem ser justificados pelos achados de Frost (1987), que através de um estudo piloto, concluiu que pulos na água produzem uma compressão na região lombar maior que a força ocasionada pela caminhada no chão.

Um estudo conduzido no Insituto Wingate de Israel, com mulheres pós-menopáusicas que realizavam exercícios tanto na água quanto no solo, apontou que o grupo de mulheres que se exercitou na água apresentou um aumento relevante na DMO de 1% quando comparado ao grupo do solo que apresentou um aumento somente de 0,17% (QUEIROZ, 1998). Os resultados da medida da atividade da fosfatase ácida mostram aumentos estatisticamente significativos entre o pré e pós-treinamento, no entanto na comparação entre os grupos não foi observado diferenças significativas. Já para a atividade da fosfatase alcalina, os Ga e Gs sofreram diminuições estatisticamente significativas, não havendo alterações na comparação entre os grupos.

Foi também encontrado aumentos significativos na atividade da enzima fosfatase álcalina óssea tanto para o Ga como para o Gs após 16 semanas de treinamento, sem diferença estatisticamente significativa na comparação dos dois treinamentos. E por último, é possível verificar, que a atividade da fosfatase ácida tartarato-resistente (utilizada como marcador de reabsorção) sofreu aumento significativo em seus valores entre o pré e pós treinamento para o Ga. O mesmo não ocorreu no Gs. Verificam-se alterações estatisticamente significativas na comparação entre Ga e Gs.

A utilidade dos marcadores de remodelação óssea é limitada, a variabilidade entre indivíduos é marcante e existe grande sobreposição entre os indivíduos (SEIBEL, 2005). Os marcadores de remodelação óssea são influenciados por diversos fatores como: ciclo menstrual, função renal, função hepática.

A partir das características marcantes de cada marcador utilizado no presente estudo, a fosfatase alcalina óssea e fosfatase ácida tartarato resistente são mais estáveis e reprodutíveis, justificando as divergências dos resultados, principalmente nos marcadores de formação óssea, que ocorreu aumento significativo na fosfatase alcalina óssea e diminuição significativa na fosfatase alcalina. Através dos resultados da DMO, avaliada pelos marcadores bioquímicos ósseos, pode-se concluir que a DMO teve alterações significativas positivas no presente estudo, com aumento no marcador de formação fosfatase alcalina óssea e diminuição no marcador de reabsorção fosfatase ácida tartarato resistente, marcadores estes que revelam maior ação dos osteoblastos e osteoclastos, respectivamente, indo ao encontro aos valores da densitometria óssea.

O uso de marcadores do metabolismo ósseo vem sendo cada vez mais utilizados para avaliar os efeitos da atividade física na remodelação óssea, com o intuito de relacionar as mudanças encontradas na DMO e a variação nas concentrações sanguíneas e urinárias desses marcadores bioquímicos (MENKES *et al.,* 1993; CREIGHTON *et al*., 2001; HUMPHRIES *et al.,* 2000 e RYAN *et al*., 2004), tornando-se assim um recurso dinâmico de avaliação sobre os efeitos dos exercícios quando relaciona-se à saúde óssea (CREIGHTON *et al*., 2001). No entanto, a literatura disponível apresenta-se restrita na utilização dos marcadores em atividades aquáticas, limitando essa discussão a estudos realizados no solo.

Salienta-se a importância de novas investigações sobre o uso dos marcadores bioquímicos como uma avaliação do metabolismo ósseo, podendo possivelmente ser um meio mais dinâmico de se avaliar os efeitos dos exercícios neste metabolismo comparado com a densitometria óssea (CREIGHTON *et al*, 2001). Uma das limitações que ocorre com a utilização dos marcadores, é que a resposta dos mesmos pode representar uma média de remodelação óssea corporal total (CADORE *et al.,* 2005). Não há um marcador bioquímico de remodelação óssea confiável e utilizado como padrão ouro, no entanto, determinações seriadas e sistemáticas de um grupo de pacientes permite uma aplicabilidade satisfatória destes marcadores.

## 4. Conclusão

Neste estudo o programa de treinamento com duração de dezesseis semanas, realizado duas vezes por semana em adultas jovens, foi eficaz em proporcionar mudanças positivas na MCM, % G, força muscular e DMO tanto para o grupo que se exercitou com o mini-trampolim como para o grupo do meio aquático.

Cresce o número de pesquisas realizadas na água, a fim de verificar a eficácia deste ambiente em diferentes variáveis. No presente estudo pode-se observar que programas de exercícios no meio aquático, especificamente, no caso do uso de mini-trampolim, demonstrou ser capaz de promover melhoras nas variáveis antropométricas, força muscular, além de oferecer uma sobrecarga no tecido ósseo, estimulando a atividade osteoblástica, a fim de promover incremento da DMO. Acredita-se ser importante ressaltar que atividade no ambiente aquático reúne outros benefícios como segurança, prazer e maior facilidade na execução dos exercícios, atraindo cada vez mais indivíduos para a prática de diferentes faixas-etárias.

Os estudos relacionados às atividades aquáticas e seus benefícios ainda são controversos. Nesse sentido, são necessárias mais pesquisas para determinar os tipos e quantidades de exercícios que são necessários para otimizar as melhorias da massa óssea em mulheres.

## Referências:

ALONSO, P. T. *et al.* Aptidão física e qualidade de vida em mulheres jovens em exercícios no mini-trampolim. **Arquivos em Movimento,** Rio de Janeiro, v.1, n.2, p. 49-58, julho/dezembro, 2005.

ALONSO, P. T. *et al.* Composição corporal em mulheres jovens em treinamento em mini-trampolim em solo e em água com 16 semanas de duração. **Arquivos em Movimento.** Rio de Janeiro, v.3. n.1, janeiro/junho, 2007.

ANJOS, T. C. *et al.* Variáveis de condicionamento físico relacionado à saúde em adultas jovens submetidas a dois programas de atividade física: rebound exercise em solo e água. **Fitness & Performance Journal**, v. 5, n. 1, p.18-23, 2006.

BÁLSAMO, S.A. A Influência da Musculação e da Hidroginástica na Densidade Mineral Òssea. Brasília: **UCB**, p.93, 2002.

BASSEY, E.J. *et al.* Pre- and postmenopausal women have different BMD responses to the same high-impact exercise. **J. Bone Miner. Res,** v. 13, n. 12, p.1805– 1813, 1998.

BAUM, G. **Aquaeróbica: manual de treinamento.** São Paulo: Editora Manole, 2000.

CADORE, E. L.; BRENTANO, M. A.; KRUEL, L. F. M. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 6, p.373-379, 2005.

CARDOSO, A S. *et al.* Effects of a deep water training program on women's muscle strenght. **FIEP Bulletin,** v. 74, p.590-593, 2004.

CREIGHTON, D. L. *et al.* Weightbearing exercise and makers of bone turnover in female athletes. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 90, n. 2, p.565-70, 2001.

FRISCHENBRUDER, J.A.; ROSE, E.H. Osteoporose e exercício. **Revista Brasileira de Medicina Esportiva**, v. 2, n. 2, p.37-40, Abril/Junho, 1996.

FROST, H.M. Ontogenesis imperfecta: the set point proposal (a possible causative mechanism). **Clin Orthop Rel Res,** v. 216, p.280-97, 1987.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. P. **Manual prático para avaliação em Educação Física**. Barueri, SP: Manole, 2006.

HUMPRIES, B. *et al.* Effect of exercise intensity on bone density, strenght and calcium turnover in older women. **Med Sci Sports Exerc,** v. 32, p.1043-50, 2000.

LAYNE, J.E.; NELSON, M.E. The effects of progressive resistance training on bone density: a review. **Med Sci Sports Exerc,** v. 31, n. 1, p.25-30, 1999.

MARINS, J.C.B.; GIANNICHI, R.S. **Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático.** 3 ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

MENKES, A. *et al.* Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. **J.Appl. Physiol**, v. 74, n. 5, p.2478-2484, 1993.

MOREIRA, C.A. **Atividade física na maturidade.** Rio de Janeiro: Shape, 2001.

MÜLLER, F.G. *et al.* Freqüência Cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. **Rev**. **Port. Cienc. Desp**, v. 5, n. 3, p.266-273, 2005.

POLLITZER, W.S.; ANDERSON, J.B. Ethnic and genetic differences in bone mass: a review with a hereditary vs environmental perspective. **Am J Clin Nutri,** v. 50, p.1244-1259, 1989.

POLLOCK, M. L,; WILMORE, J. H. **Exercícios na saúde na doença. Avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação**. 2. ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1993.

QUEIROZ, M.V. de. **Osteoporose.** Lisboa: Editora Lidel, 1998.

RYAN, A.S. *et al.* Effects on strength training on bone mineral density: hormonal and bone turnover relationships. **J.Appl. Physiol**, v. 77, n. 4, p.1678-1684, 1994.

SEIBEL, M.J. Biochemical markers of bone turnover: part I: biochemistry and variability. **Clin Biochem Rev,** v. 26, p.97-122, 2005.

THOMASSONI, T.L.; BLANCHARD, M.S.; GOLFARB, A.H. Effects of a rebound exercise training program an aerobic capacity and body composition. **The Physician and Sports Medicine.** V. 13, n. 11, p. 111-115, 1985.

TSUKAHARA, N. *et al.* Cross-sectional and longitudinal studies on the effect of water exercise in controlling bone loss in Japanese postmenopausal women. **J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo),** v. 40, n. 1, p.37-47, 1994.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITOS DO TREINAMENTO COM MINI-TRAMPOLIM REALIZADO NA ÁGUA E NO SOLO SOBRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS, MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS EM ADULTAS JOVENS

**MALYSZ, K. A.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**karimalysz@hotmail.com**

**CASTRO, M.B.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**mbairros@uricer.edu.com**

**MORSCH, A.L.B.C.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**anamorsch@uricer.edu**

**TUSSI, N.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**nancitussi@hotmail.com**

**VECHIATTO, S.C.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**samaravechiatto@hotmail.com**

**ZANCAN, J.P.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**juli.piva@hotmail.com**

**SBARDELOTTO, M.L.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**marisbard89@gmail.com**

***Resumo.*** *Diversos são os exercícios físicos propostos para o aumento da aptidão física relacionada à saúde. O Jump surge nesse meio como um equipamento utilizado, tanto fora como dentro da água, para a obtenção da aptidão física desejada. O objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos de 16 semanas de treinamento em Jump, dentro e fora da água, em algumas variáveis: Fisiológicas, Morfológicas e Funcionais em mulheres. A amostra foi composta por 20 mulheres, com idade entre 25 a 40 anos, sedentárias e com IMC entre 19 e 25 kg/m². Foram divididas em dois grupos: o Grupo Hidro Jump (GHJ), com n:11 que treinou em água e o Grupo Aero Jump (GAJ) com n:09 que treinou em solo. Foi realizado treinamento periodizado em 16 semanas, com 2 sessões semanais e duração de 45 minutos cada sessão. Como instrumentos de coleta de dados pré-treinamento e pós-treinamento desta pesquisa foram utilizados os seguintes testes: Medidas Antropométricas, para avaliar %G, MCM, RCQ e IMC; PA e $FC_{rep}$ e $FC_{imer}$ ; Teste de Cooper para verificar $VO_{2máx}$; Banco de Wells para avaliar flexibilidade; teste de 1RM, 20RMs no agachamento para valores de força máxima e submáxima de membros inferiores, respectivamente, e dinamometria de membros inferiores para avaliar força isométrica. Para análise dos dados foi utilizada estatística descritiva, sendo utilizado o teste "t" de Student. Com níveis de significância 5%. Ao compararmos os dois grupos, GHJ e GAJ não foram encontradas no pós-*

*treinamento diferenças estatisticamente significativas em todas as variáveis analisadas. Analisados os grupos separadamente os resultados foram: no GHJ houve incrementos nos valores que foram estatisticamente significativos (p>0,05) nas variáveis: $FC_{rep}$, MCM, Flexibilidade, Força (máxima, submáxima e isométrica) e $VO_{2máx.}$ Já para as variáveis de $FC_{imer}$ e %G , os valores mostraram diminuições estatisticamente significativas. No GAJ, houve incrementos nos valores estatisticamente significativos nas variáveis de MCM, Flexibilidade, Força (máxima, submáxima e isométrica), $VO_{2máx}$. Já para as variáveis de PAS e %G houve diminuição estatisticamente significativa. O treinamento em Jump mostrou-se extremamente eficaz em muitas das variáveis analisadas, comprovando ser um ótimo meio para condicionamento cardiorrespiratório, inclusive para ganhos de força. Novos estudos fazem-se necessários, principalmente no que diz respeito ao treinamento em meio líquido.*

***Palavras-chaves:*** *Exercícios aquáticos. Jump. Mulheres*

## 1. Introdução

O exercício físico é um importante componente para se ter um estilo de vida saudável, sendo que a sua prática regular provoca diversas alterações no indivíduo, protegendo-o contra a instalação e a progressão de muitas doenças crônicas, como doenças do sistema cardiovascular, diabetes, etc (ACSM, 2006).

Desse modo, o exercício físico encontra-se cada vez mais em evidência pelos benefícios ocasionados no organismo, podendo ser realizados em diferentes ambientes com diferentes movimentos, variações e combinações. Dentro dessa linha de raciocínio, os exercícios aquáticos, têm sido frequentemente procurados por ser um meio prazeroso e com maior facilidade na execução dos exercícios. De forma geral, os benefícios dos exercícios aquáticos estão relacionados às características físicas da água (MOREIRA, 2001).

Em decorrência dos efeitos positivos dos exercícios físicos no ambiente aquático, outras atividades originalmente desenvolvidas no solo, são adaptadas para a água. O mini-trampolim, ou jump, também conhecido como *"rebound exercise"* constitui uma alternativa de exercícios realizados sobre uma minicama elástica individual inicialmente praticada no solo e posteriormente na água. O mini-trampolim possui uma superfície elástica e sistema de fixação de molas de especial resistência, que permitem atingir alta performance na execução dos exercícios (ALONSO, 2007).

O exercício no mini-trampolim causa maior estímulo que o similar no solo, causando adaptações e incrementos nos sistemas ósseo, neuromuscular e cardiovascular, em um tempo menor e com maior intensidade. Por ser uma proposta de atividade física recente, utilizado no solo e no meio aquático fica claro a importância de pesquisas que possam trazer maiores informações sobre esta interessante opção para a prática regular de exercícios físicos e seus possíveis efeitos sobre o organismo e consequentemente sobre a qualidade de vida de seus praticantes.

Em função disso, a proposta do presente estudo foi avaliar os efeitos de um programa de 16 semanas de treinamento com mini-trampolim realizado no solo e no meio aquático sobre as variáveis fisiológicas: Freqüência Cardíaca de repouso ($FC_{rep}$), Freqüência Cardíaca de Imersão ($FC_{imer}$), Pressão Arterial (PA); morfológicas: Percentual de Gordura (%G), Massa Corporal Magra (MCM), Índice de Massa Corporal (IMC) e Relação Cintura-Quadril (RCQ); Funcionais Consumo Máximo de Oxigênio ($VO_{2máx}$), Força e Flexibilidade.

## 2.Metodologia

Este estudo caracterizou-se por ser de cunho quase-experimental. A amostra foi composta por 20 mulheres sedentárias, residentes em um município no Norte do Rio Grande do Sul, (com IMC entre 19 e 25 kg/m²) e na faixa etária entre 25 e 40 anos, sendo distribuídas da seguinte forma: 11 voluntárias no Grupo Hidro *Jump* (GHJ) e 09 voluntárias no Grupo Aero *Jump* (GAJ). Para a participação deste estudo, as voluntárias foram convidadas através de comunicação oral e só fizeram parte por voluntariedade. Como critérios de inclusão: mulheres sedentárias, com IMC entre 19 e 25 kg/m² e na faixa etária entre 25 e 40 anos e critérios de exclusão: mulheres que já estivessem praticando atividade física, fumantes, hipertensas, diabéticas e que tivessem problemas ósteo-musculares.

As voluntárias realizaram 16 semanas de treinamento em *Jump* dentro e fora da água. O treinamento foi composto por 4 mesociclos com 32 sessões. Cada microciclo foi composto por 2 sessões de treinamento de 45 minutos. As voluntárias deveriam ter uma assiduidade de 90%. Cada sessão de treinamento de 45 minutos foi dividida da seguinte forma: 05 minutos aquecimento articular, 30 minutos de trabalho aeróbio e 10 minutos de volta a calma/relaxamento.

Para o controle da intensidade foi realizada a aferição da FC ao final de cada bloco. Aos indivíduos praticantes em imersão era mostrada a escala de BORG, que indica o valor correspondente à percepção subjetiva do esforço.

Os exercícios foram organizados em dois blocos, sendo que cada bloco era composto por 5 exercícios, modificando-os a cada minuto. Os exercícios eram semelhantes, tanto para o treinamento na água, como no solo.

Para análise dos dados, foi utilizada estatística descritiva, a fim de verificar a normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias. Para a distribuição normal e homogênea, utilizou-se a estatística paramétrica, Teste-t pareado, onde o nível de significância deste estudo foi de $p<0,05$.

Este estudo está de acordo com as diretrizes da resolução 196/1996 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde. O projeto foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, sob o número : 060/PGH/10.

**3. Resultados e discussão**

Para a variável de caracterização da amostra, conforme podemos observar na Tabela 1, não foram encontradas diferenças significativas entre os GHJ e GAJ no pré-treinamento.

Tabela 1: Dados das variáveis de caracterização da amostra antes do treinamento.

| *Variáveis* | *Gr Hidro Jump (n:12) Média ± DP* | *Gr Aero Jump (n: 10) Média ± DP* | *p < 0,05* |
|---|---|---|---|
| Idade (anos) | 32,09 ± 3,67 | 33,55 ± 3,87 | NS |
| Massa Corporal (Kg) | 65,91 ± 8,35 | 61,05 ± 8,20 | NS |
| Estatura (cm) | 159,54 ± 5,22 | 162,66 ± 3,54 | NS |
| IMC ($Kg/m^{-2}$) | 25,82 ± 2,66 | 22,96 ± 2,68 | NS |

kg: kilograma; cm: centímetros; $kg/m^{-2:}$ kilograma por metro ao quadrado
NS: não significativo: (p>0,05).

Os resultados referentes às variáveis Fisiológicas são apresentados na Tabela 2. Conforme observado, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos nas três variáveis Fisiológicas comparadas no pós-treinamento. Porém, analisando as diferenças pré e pós-treinamento no próprio grupo, houve redução significativa na PAS, no GAJ, porém PAD e $FC_{rep}$ não demonstraram diferenças significativas. Já no GHJ a $FC_{rep}$ teve incremento significativo, enquanto a $FC_{imer}$ desse mesmo grupo apresentou redução significativa. PAS e PAD não tiveram diferenças estatisticamente significativas no GHJ.

Tabela 2: Média, desvio-padrão e comparação estatística das variáveis Fisiológicas (Pressão Arterial Sistólica-PAS; Pressão Arterial Diastólica-PAD; Freqüência Cardíaca de Repouso- $FC_{rep}$ e Freqüência Cardíaca de Imersão $FC_{imer}$), no pré e pós-treinamento, intra e intergrupos.

| *Variáveis* | *Grupos de Treinamento* | | *Valor p* |
|---|---|---|---|
| | *Gr. Hidro Jump* | *Gr. Aero Jump* | |
| **PAS (mmHg)** | | | |
| Pré-Treinamento | 114,54 ± 8,20 | 113,75 ± 6,61 [A] | |
| Pós-Treinamento | 108,18 ± 8,44 | 106,25 ± 6,61 [A] | NS |
| Valor de p | NS | 0,05 | |
| **PAD (mmHg)** | | | |
| Pré-Treinamento | 75,45 ± 8,20 | 72,50 ± 7,12 | |
| Pós-Treinamento | 70 ± 9,21 | 67,50 ± 7,07 | NS |
| Valor de p | NS | NS | |
| **$FC_{rep}$ (bpm)** | | | |
| Pré-Treinamento | 64,90 ± 7,03 [A] | 67,77 ± 12,24 | |
| Pós-Treinamento | 70,63 ± 8,61 [A] | 71,44 ± 8,27 | NS |
| Valor de p | 0,05 | NS | |
| **$FC_{imer}$ (bpm)** | | | |
| Pré-Treinamento | 76,10 ± 8,16 A [A] | | |
| Pós-Treinamento | 73,90 ± 7,04 [A] | | |
| Valor de p | 0,03 | | |

[A] Indica diferença estatisticamente significativa nos valores apresentados intra-grupos, conforme a aplicação do *teste-t de Student.*
NS: não significativo, conforme a aplicação do *teste-t de Studen*t

Ao analisarmos a tabela 2 o que se percebe é uma diminuição significativa nos valores de PAS do GAJ, não acontecendo o mesmo no GHJ, o que não era esperado. Em contrapartida, a $FC_{imer}$ teve diminuição significativa no GHJ, possivelmente pelas adaptações que o organismo sofre ao imergir, comprovando que o treinamento em água nessas 16 semanas provocou mudanças benéficas em relação a $FC_{imer}$.

Veiga (2008) selecionou 27 homens obesos e sedentários, com média de idade de 42 anos, e os dividiu em dois grupos, o grupo controle (n:14) e o grupo que treinou (n:13). Foi aplicado um treinamento aeróbio, com duração de 12 semanas, freqüência semanal de 3 sessões e com intensidade aumentando conforme o mesociclo, até a $FC_{max}$ de 80%. Nesse estudo, PAS demonstrou diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos após o treinamento de 12 semanas, sendo que o grupo que treinou reduziu consideravelmente. Ainda, nesse estudo de Veiga (2008), a PAD também reduziu nos dois grupos, ao final do treinamento, porém apresentando diferenças significativas apenas no próprio grupo. Na variável $FC_{rep,}$ mostrou diferenças significativas entre os grupos.

Brustolin (2009) aplicou um treinamento aeróbio em hidroginástica a 9 homens obesos, com média de idade de 40 anos, durante 18 semanas e freqüência semanal de 2 sessões, com intensidade entre 50 e 80% da $FC_{res}$, encontrando

redução estatisticamente significativa na variável de $FC_{rep}$ após as 18 semanas de treinamento, o que contraria os valores de $FC_{rep}$ percebidos no presente estudo.

Venturini (2010) selecionou mulheres sedentárias, obesas e na faixa etária entre 35 e 65 anos e aplicou um treinamento aeróbio em hidroginástica com macrociclo de 12 semanas e 2 sessões de treinamento por semana. Como resultado encontrou valores estatisticamente significativos no pós-treinamento para as $FC_{rep}$ e $FC_{imer,}$ este último corroborando com os valores encontrados no presente estudo. Em PAS e PAD, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no pós-treinamento.

Conforme Almeida e Araújo (2003) a FC é controlada pela atividade do sistema nervoso central, com predominância da atividade parassimpática em repouso, e simpática quando aumenta-se a intensidade do esforço. Ainda sugerem que indivíduos bem treinados ou bem condicionados fisicamente possuem FC de repouso mais baixa. Porém essas adaptações no comportamento da FC através do treinamento físico, especialmente o aeróbio, podem ser decorrentes de modificações no balanço simpático-parassimpático ou mesmo de adaptações como a melhora no sistema de condução átrio-ventricular, aumento do retorno venoso e do volume sistólico.

Furtado *et al*. (2004) analisou uma aula de *Jump Fit*, realizada em solo, durante 4 visitas e avaliou 10 mulheres que já praticavam a modalidade. Essa análise concluiu que a FC média da aula 5 do Jump Fit (composta por nove faixas musicais entre aquecimento, parte principal e desaquecimento) foi de 81,1% da $FC_{max}$ das participantes, concluindo que esta é uma atividade física vigorosa, o que pode proporcionar maior atividade energética.

A Tabela 3, apresenta os resultados referentes às variáveis Morfológicas. Pode-se observar que não houve diferenças significativas quando comparados os dois grupos no pós-treinamento. Todavia, ao analisarmos o pré e o pós-treinamento dos dois grupos separadamente, tanto o GHJ quanto o GAJ obtiveram diferenças significativas, com redução da %G e aumento da MCM. Já para as variáveis de IMC e RCQ em ambos os grupos não foram encontradas diferenças significativas.

Tabela 3: Média, desvio-padrão e comparação estatística das variáveis Morfológicas (Percentual de Gordura-%G; Massa Corporal Magra-MCM; Índice de Massa Corporal-IMC e Relação Cintura Quadril-RCQ), no pré e pós-treinamento, intra e intergrupos.

| ***Variáveis*** | ***Grupos de Treinamento*** | | ***Valor p*** |
|---|---|---|---|
| | ***Gr. Hidro Jump*** | ***Gr. Aero Jump*** | |
| **%G** | | | |
| Pré-Treinamento | 38,72 ± 4,37 [A] | 32,17 ± 5,64 [A] | |
| Pós-Treinamento | 35,15 ± 4,24 [A] | 31,11 ± 5,04 [A] | NS |
| Valor de p | 0,0007 | 0,05 | |
| **MCM (Kg)** | | | |
| Pré-Treinamento | 40,09 ± 2,90 [A] | 41,05 ± 4,41 [A] | |
| Pós-Treinamento | 42,10 ± 3,66 [A] | 42,24 ± 4,47 [A] | NS |
| Valor de p | 0,0005 | 0,0002 | |
| **IMC (Kg.m²)** | | | |
| Pré-Treinamento | 25,82 ± 2,66 | 22,96 ± 2,68 | |
| Pós-Treinamento | 25,57 ± 2,61 | 23,24 ± 2,57 | NS |
| Valor de p | NS | NS | |
| **RCQ (cm)** | | | |
| Pré-Treinamento | 0,76 ± 0,06 | 0,74 ± 0,07 | |
| Pós-Treinamento | 0,74 ± 0,05 | 0,73 ± 0,05 | NS |
| Valor de p | NS | NS | |

[A] Indica diferença estatisticamente significativa nos valores apresentados intra-grupos, conforme a aplicação do *teste-t de Student*.
NS: não significativo, conforme a aplicação do *teste-t de Student*

O primeiro estudo relatado com a utilização do minitrampolim em solo foi o de White (1980). Nesse estudo com 60 mulheres sedentárias, que tinham sobrepeso, foram treinadas em cicloergomêtro, esteira e minitrampolim, com uma freqüência de 4 sessões semanais, durando 30 minutos cada sessão e num período de tempo de 10 semanas, utilizando como intensidade 150bpm, onde foi observado um decréscimo na %G, corroborando com os dados obtidos em nosso estudo. Porém, White foi questionado por um estudo posterior, o de Kach e Villanacci (1981) no qual mediram o gasto energético utilizado em *rebound exercise*, e com seus achados concluíram que esse decréscimo possivelmente aconteceu devido a restrição calórica, o que não aconteceu no presente estudo.

Algum tempo depois, Tomassoni *et al*. (1985) treinou 21 mulheres sedentárias, com idade entre 18 e 28 anos, em *rebound exercise* em solo, em sessões de 40 minutos, com 3 sessões semanais, durante 8 semanas, com intensidade de 75-85% da $FC_{max,}$ e, concluiram que não houveram diferenças significativas na composição corporal (MC e %G) das participantes.

Com a mesma intensidade de treinamento que o estudo descrito anteriormente, Edin *et al*. (1990) treinaram 17 mulheres sedentárias com idade entre 18 e 40 anos, durante 11 meses, 5 dias por semana. E os resultados foram os mesmos: não encontraram mudanças significativas na composição corporal (MC e %G) das participantes.

Segundo Smith e Bishop (1988) comparações entre estudos com *rebound exercise* são difíceis, por que: a prática dessa modalidade assimila diversos modos de exercícios diferentes, utiliza amostras com idades diferentes, intensidade, freqüência e duração de treinamentos diferentes.

Corroborando com o presente estudo, Anjos *et al.* (2005) aplicaram um treinamento de *rebound exercise* (minitrampolim) a 80 mulheres entre 20 e 35 anos, sendo que 40 treinaram em água e as outras 40 em solo, num período de treinamento de 14 semanas. Nesse estudo, os valores de IMC não demonstraram redução significativa, tanto no grupo que treinou em água, com o que treinou em solo, porém os valores de RCQ para *rebound exercise* em água apresentou diminuição estatisticamente significativa, contrariando os resultados obtidos no presente estudo. Cabe destacar que, no estudo de Anjos *et al*. (2005) citado anteriormente, o incremento ao treinamento acontecia com o aumento dos bpms musicais, diferente do que aconteceu em nosso estudo, onde o aumento da intensidade ocorreu pelo aumento da FC a cada mesociclo, conforme descrito anteriormente.

Alonso *et al*. (2005) submeteram 26 mulheres, entre 19 e 28 anos, a um treinamento de 16 semanas em minitrampolim em solo, com freqüência de 3 sessões semanais, cada uma com duração de 45 minutos e não encontraram diferenças significativas nas variáveis de %G, MCM, IMC e RCQ, o que contraria esse estudo. Possivelmente isso se deve ao tipo de treinamento aplicado, visto que a intensidade aumentava somente no microciclo, ficando inalterada ao longo do período de treinamento.

A seguir os gráficos mostram as diferenças pré-treinamento e pós-treinamento nas variáveis de %G e MCM, valores que tiveram diferenças significativas em ambos os grupos.

Gráfico1: Diferenças do Pós-Treinamento para o Pré-Treinamento na variável %G

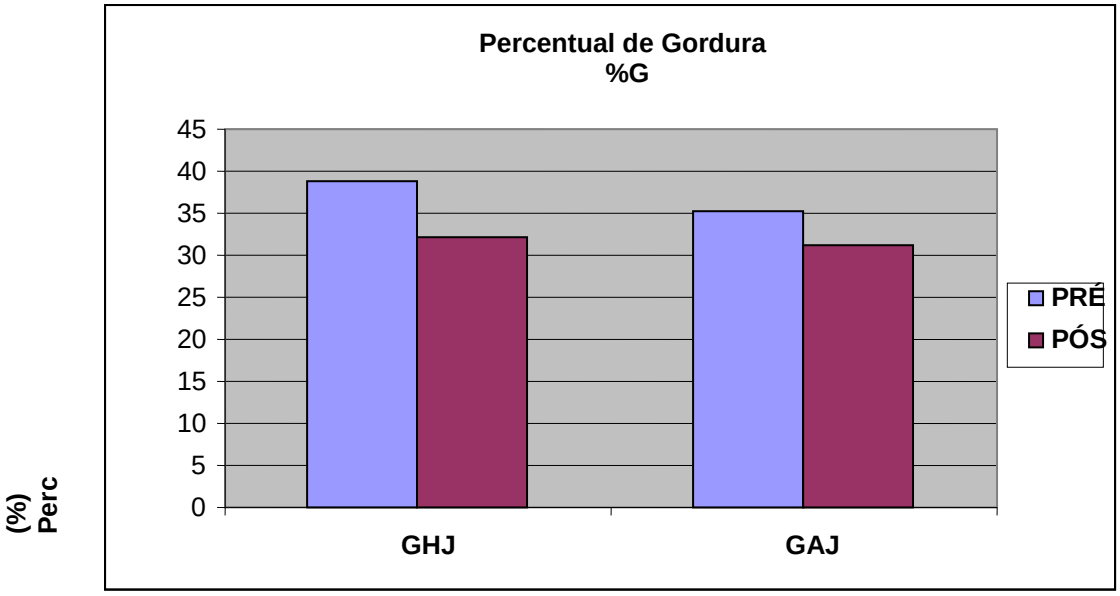
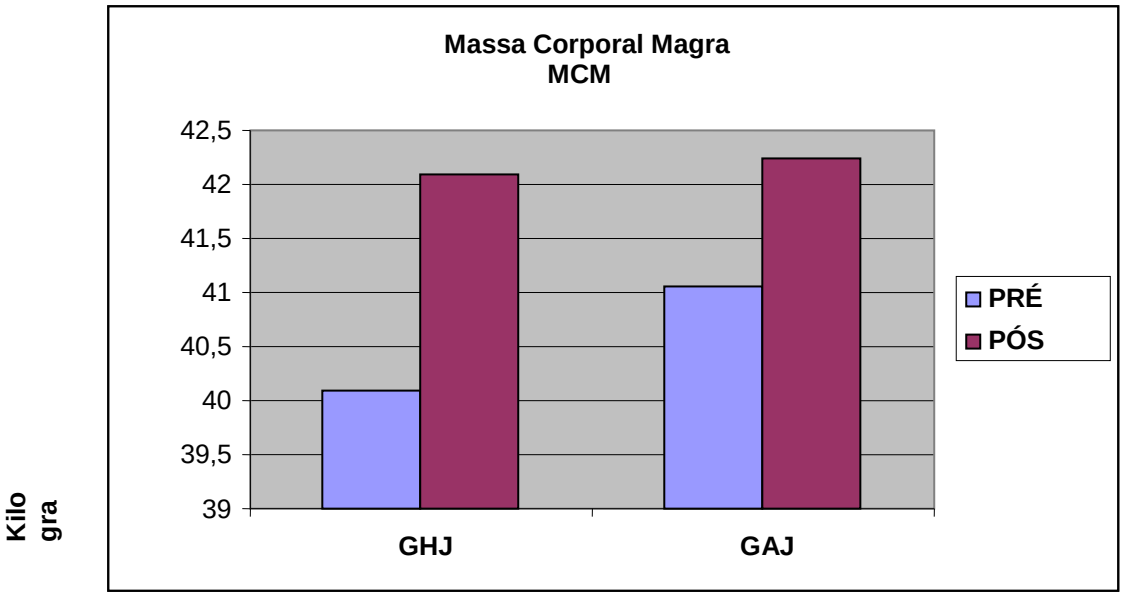



Gráfico 2: Diferenças do Pós-Treinamento para o Pré-Treinamento na variável MCM




A Tabela 4 mostra as diferenças nos valores pré e pós-treinamento, inter e intra-grupos, nas variáveis Funcionais de flexibilidade, força e resistência cardiorrespiratória. Como podemos constatar, não houve diferença estatisticamente significativa quando comparados os dois grupos no pós-treinamento. Porém, analisando os grupos separadamente, o incremento de flexibilidade, força (máxima, submáxima e isométrica) e $VO_{2máx}$ é estatisticamente significativa em ambos os grupos.

Tabela 4: Média, desvio-padrão e comparação estatística das variáveis Funcionais (Flexibilidade; 1 Repetição Máxima-1RM; 20 Repetições Máximas-20RMs; Dinamometria de Membros Inferiores e Consumo Máximo de Oxigênio-$VO_{2máx}$), no pré e pós-treinamento, intra e intergrupos.

| *Variáveis* | *Grupos de Treinamento* | | *Valor p* |
|---|---|---|---|
| | *Gr. Hidro Jump* | *Gr. Aero Jump* | |
| **Flexibilidade (cm)** | | | |
| Pré-Treinamento | 23,02 ± 8,17 [A] | 28,61 ± 6,96 [A] | |
| Pós-Treinamento | 28,22 ± 7,03 [A] | 32,61 ± 5,89 [A] | NS |
| Valor de p | 0,007 | 0,001 | |
| **1RM (Kg)** | | | |
| Pré-Treinamento | 88,80 ± 33,53 [A] | 70,77 ± 11,46 [A] | |
| Pós-Treinamento | 110,80 ± 42,71 [A] | 84,66 ± 14,42 [A] | NS |
| Valor de p | 0,0008 | 0,0008 | |
| **20RMs (Kg)** | | | |
| Pré-Treinamento | 56,30 ± 25,66 [A] | 43,77 ± 11,50 [A] | |
| Pós-Treinamento | 72,90 ± 30,05 [A] | 56 ± 16,61 [A] | NS |
| Valor de p | 0,0001 | 0,002 | |
| **Dinamometria** | | | |
| Pré-Treinamento | 51,20 ± 14,68 [A] | 57,88 ± 16,71 [A] | |
| Pós-Treinamento | 71,90 ± 13,07 [A] | 69,66 ± 16,92 [A] | NS |
| Valor de p | 0,0002 | 0,04 | |
| **$VO_{2máx}$** | | | |
| Pré-Treinamento | 20,85 ± 3,70 [A] | 21,86 ± 3,55 [A] | |
| Pós-Treinamento | 25,78 ± 3,19 [A] | 25,74 ± 2,81 [A] | NS |
| Valor de p | 0,0007 | 0,0006 | |

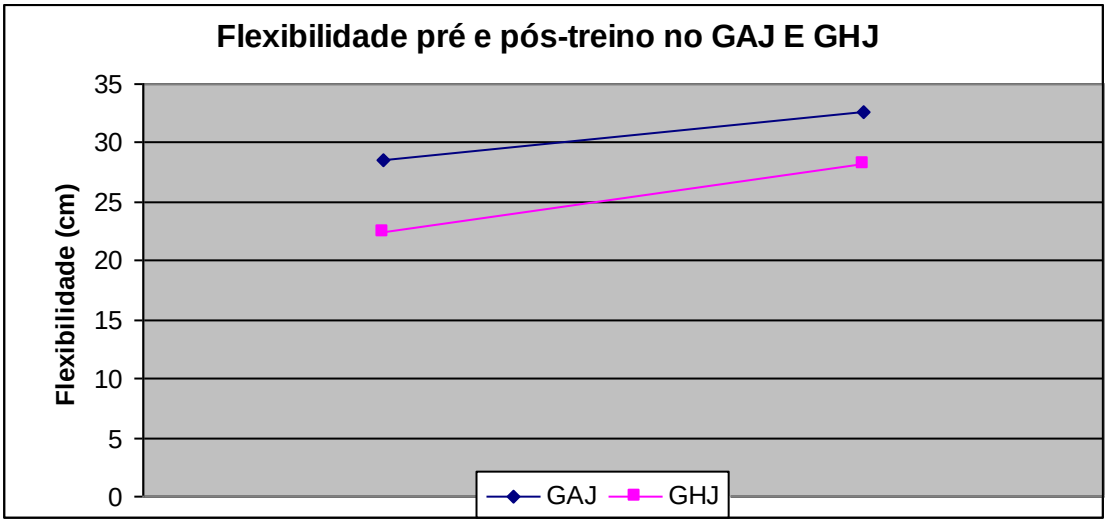
[A] Indica diferença estatisticamente significativa nos valores apresentados intra-grupos, conforme a aplicação do *teste-t de Student*.
NS: não significativo, conforme a aplicação do *teste-t de Student*

Podemos observar nesse estudo, que em ambos os grupos houve um ótimo incremento nos valores da flexibilidade das voluntárias, mesmo não ocorrendo a periodização e treinamento específico para essa capacidade. Isso demonstra que os alongamentos que aconteciam pré e pós-sessão de treinamento influenciaram positivamente essa variável. O que também pode ter influenciado esse resultado, principalmente os resultados no GHJ, foram exercícios utilizados durante

todo o treinamento, os quais exigiam certo grau de amplitude articular, desde movimentos de flexão e extensão de quadril, adução e abdução de quadril, entre outros.

No gráfico a seguir podemos identificar o incremento nos valores de flexibilidade no pré e no pós-treinamento em *Jump*, dentro e fora da água.

Gráfico 3: Diferenças do Pós-Treinamento para o Pré-Treinamento na variável Flexibilidade




Alonso *et al*. (2005) também presenciaram esse mesmo resultado quando do seu estudo com 26 mulheres que praticavam exercício físico (não da modalidade em questão), com idade entre 19 e 28 anos, que foram submetidas a treinamento em *Jump* no solo. Leite *et al*. (2006) em seu estudo treinou 20 mulheres sedentárias, faixa etária entre 20 e 35 anos, em *Jump* dentro da água, tendo um aumento de 14,9% nos valores de flexibilidade quando comparados o pré e pós-treinamento. Silva e Moreira (2001) em um condicionamento físico sem especificidade nos exercícios, também registraram melhoras significativas nos índices de flexibilidade em homens e mulheres sedentários, com periodização de 9 meses, com quatro sessões semanais, mesmo não tendo treinado para isso.

Já em treinamentos específicos para aumento de flexibilidade, Rizzi *et al*. (2010), analisaram o efeito de um programa de hidrocinesioterapia no comportamento da força muscular e da flexibilidade em 23 idosas sedentárias, com independência funcional e que não realizaram cirurgia nos últimos três meses. O programa ocorreu durante oito semanas, com três sessões semanais de 55 minutos. Para avaliação da flexibilidade foi aplicado o teste de sentar e alcançar. Os resultados obtidos mostraram alterações estatisticamente significativas.

Pereira (2009) em seu estudo teve como objetivo verificar o efeito de um programa de atividade física na flexibilidade das articulações gleno-umeral, coxo-femural, tíbio-femural e tíbio-tarsica, em indivíduos com mais de 60 anos de idade. A amostra foi composta por 20 sujeitos, sendo 17 do sexo feminino e 03 do sexo masculino. Os indivíduos foram submetidos a um programa de atividade aquática de desenvolvimento da flexibilidade, com duração de três meses e duas sessões semanais. Os resultados obtidos indicam que houve um aumento significativo da amplitude de movimento das articulações gleno-umeral e coxo-femural, à exceção do movimento de adução, na flexão da articulação tíbio-femural e na flexão e extensão da articulação tíbio-tarsica.

Aguiar e Gurgel (2009) verificaram a influência da hidroginástica sobre a flexibilidade de idosas que praticavam essa modalidade esportiva pelo menos a 6 meses, quando comparadas com idosas sedentárias. Foram avaliadas 26

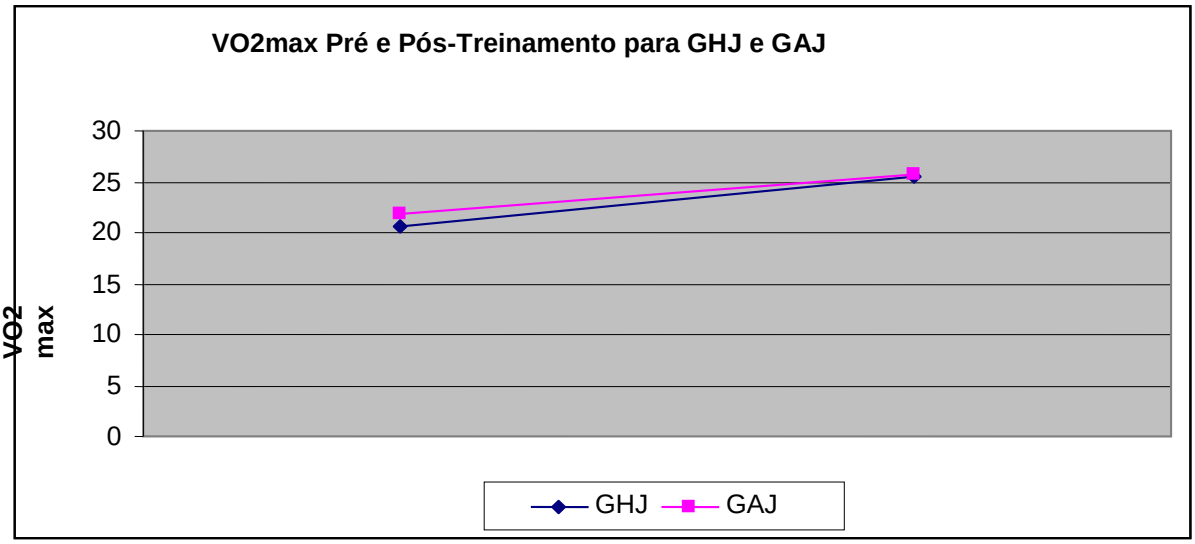
mulheres (13 de cada grupo). O grupo praticante de hidroginástica teve seus índices de flexibilidade significativamente maiores que as não praticantes.

Em um estudo parecido, Silva e Rabelo (2006), tiveram como objetivo comparar o nível de flexibilidade entre mulheres idosas praticantes de atividade física e não praticantes. Foram selecionadas aleatoriamente 48 mulheres idosas que foram divididas em 02 grupos assim determinados: Grupo de mulheres idosas não praticantes de atividade física (GC=21) apresentou média de idade igual a 65,57 anos (DP=4,49) e mulheres idosas praticantes de atividade física (GE=27) com média de idade igual a 65,15 anos (DP=5,14). O resultado obtido pelo GC foi (média=22,71 cm) enquanto o GE apresentou (média=30,0 cm). A partir destes resultados, conclui-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, evidenciando um melhor nível de flexibilidade para as mulheres idosas praticantes de atividade física.

Os primeiros estudos em *Jump* começaram em 1980, logo do seu surgimento, e se preocupavam em averiguar o consumo de oxigênio e a composição corporal de suas participantes. Porém a prática do *Jump* na água surgiu tempos depois e poucos são os estudos referentes a ele, sem contar que não existem protocolos específicos para os testes.

No presente estudo foi verificado grande diferença nos valores do $VO_{2máx}$ em ambos os grupos, porém no GHJ a diferença é superior quando comparado com o GAJ. Os valores no gráfico 4 mostram essa diferença.

Gráfico 4: Diferenças do Pós-Treinamento para o Pré-Treinamento na variável $VO_{2máx}$




Contrapondo esse estudo, Anjos *et al*. (2005) treinaram 80 mulheres entre 20 e 35 anos, em *rebound exercise*, onde 40 dessas mulheres treinaram em água e as outras 40 em solo, num período de treinamento de 14 semanas. Os resultados obtidos para $VO_{2máx}$ em *rebound exercise* solo foi superior que o praticado em água. Porém, no estudo citado a intensidade do treinamento foi controlada através do aumento dos bpms musicais, e não faz alusão de como foi prescrito esse treinamento para as voluntárias que praticaram em imersão, concluindo-se que deve ter sido também por bpms. Diferentemente o presente estudo utilizou o treinamento baseado em cálculos individualizados da $FC_{res}$. Sabe-se hoje que as propriedades físicas da água não permitem fisiologicamente que treinamentos dentro e fora dela sejam iguais, portanto ao prescrever treinamentos em meio líquido deve-se levar em conta a existência da bradicardia de imersão, e a individualidade biológica na prescrição pela FC. Outro ponto importante a ressaltar é que os movimentos em imersão são dificultados pelas propriedades físicas da água, não podendo acompanhar os bpms propostos, por isso, a música nesse tipo de aula é meramente motivacional (KRUEL, 1994; KRUEL, 2000; KRUEL et al, 2002; GRAEF e KRUEL, 2006 e PINTO et al, 2008).

Leite *et al*. (2006) realizaram um treinamento em minitrampolim dentro da água com mulheres sedentárias, idade entre 20 a 35 anos, durante 16 semanas, com três sessões semanais de 45 minutos cada uma. Os valores de $VO_{2máx}$ comparados pré e pós-treinamento obtiveram um aumento de 9,2%. Da mesma forma que o estudo citado

anteriormente, esse estudo, utilizou os bpms musicais, porém tentando manter uma zona de treinamento, que aumentava com o passar dos mesociclos. Resultado parecido com esse (9%) foi encontrado por Tomassoni et al (1985) ao treinar mulheres sedentárias (18 a 28 anos) em *rebound exercise* durante 8 semanas, três vezes semanais, com 40 minutos a sessão, com a $FC_{treinamento}$ entre 70 – 80% da $FC_{max,}$ concluindo que os ganhos no $VO_{2máx}$ foram modestos.

Alonso *et al*. (2005) presenciaram um leve aumento da condição cardiorrespiratória em seu estudo com 26 mulheres que não eram sedentárias e que não praticavam *Jump*, com idade entre 19 e 28 anos, que foram submetidas a treinamento em *Jump* no solo. Esse treinamento ocorreu em 16 semanas, 3 sessões semanais, cada sessão com duração de 45 minutos, com a intensidade aumentando na sessão de treinamento através do bpm musical. Em nenhum momento o texto refere-se a um incremento da intensidade conforme o passar do tempo.

White (1980) treinou 60 mulheres sedentárias e com sobrepeso durante 10 semanas, 4 vezes semanais, cada sessão com duração de 30 minutos, em *rebound exercise,* bicicleta e esteira. A intensidade do treinamento foi de 150 bpms e, ao final do treino, percebeu um incremento no $VO_{2máx}$ das praticantes de *rebound exercise* de 11,5%. Gerberich *et al*. (1983) apresentaram resultados muito menores (4,5% de aumento) ao treinar 17 mulheres sedentárias (idade entre 18 e 40anos) em *rebound exercise* em solo, durante 12 semanas, 5 vezes por semana, sessão de treinamento com duração de 30 minutos, com a intensidade do treinamento entre 70-80% da $FC_{max}$.

Existe na literatura certa escassez de estudos no que se refere a treinamento em *Jump* e também em treinamento em água, e raríssimos de *Jump* na água, como pode ser analisado até aqui. Porém, quando falamos em treinamento de força e treinamento concorrente em meio líquido, a existência de estudos é quase nula. O presente estudo teve, nos primeiros mesociclos do treinamento, o treinamento aeróbio como componente principal, porém a intensidade a qual a amostra foi submetida nas últimas semanas, ao final do macrociclo de treinamento, quase extrapola os percentuais da zona de treinamento aeróbio, onde se acredita que em valores superiores no meio líquido estamos falando de um treinamento de força (85-90% da $FC_{res}$).

Como podemos observar na Tabela 5 foi encontrado um aumento significativo da variável força, tanto máxima quanto submáxima e isométrica, quando comparados os valores de pré-treino e pós-treino dentro do mesmo grupo. Porém quando comparados GHJ e GAJ, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa para nenhuma das 3 variáveis. Uma das nossas hipóteses era de que o treinamento em Jump na água proporcionasse aumentos de força superiores ao do GAJ, exatamente pela alta intensidade de treinamento no último mesociclo (85 a 90% da $FC_{res}$). Porém em ambos os grupos foram observados aumentos significativos na força e MCM das voluntárias.

A Tabela 5 mostra os valores do delta diferença no pós-treino para as variáveis de 1RM, 20RMS e Dinamometria de Membros Inferiores (MI). Observa-se que os valores das variáveis no GHJ foram superiores que o do GAJ, porém não foram estatisticamente significativos.

Tabela 5: ΔDiferença no pós-treinamento para as variáveis de Força Máxima-1RM e para Força Submáxima-20RMS, Dinamometria de Membros Inferiores (MI) e valor de *p* na comparação entre os dois grupos.

| ***Variáveis*** | ***Gr Hidro Jump*** ***ΔDiferença*** ***Média e DP*** | ***Gr Aero Jump*** ***ΔDiferença*** ***Média e DP*** | ***p < 0,05*** |
|---|---|---|---|
| 1RM (Kg) | 19,45 ± 14,06 | 13,88 ± 8,10 | NS |
| 20RMs (Kg) | 16,6 ± 8,30 | 12,22 ± 8,27 | NS |
| Dinamometria MI | 20,54 ± 10,88 | 15,11 ± 10,77 | NS |

NS: não significativo, conforme a aplicação do teste-t de Student.

Leite *et al*. (2006) em seu estudo em minitrampolim dentro da água com mulheres sedentárias, idade entre 20 a 35 anos, durante 16 semanas, com três sessões semanais de 45 minutos cada uma, analisaram a resistência muscular localizada (RML) de membros inferiores e superiores. Os valores de RML de membros superiores aumentaram em 12% e de membros superiores em 20,6%.

Alonso *et al*. (2005) selecionou 26 mulheres que não eram sedentárias e que não praticavam *Jump*, com idade entre 19 e 28 anos, e as submeteu a treinamento em *Jump* no solo. Esse treinamento ocorreu em 16 semanas, 3 sessões semanais, cada sessão com duração de 45 minutos. Foram avaliados nesse estudo força e RML de membros inferiores através do teste de saltar, com e sem auxílio dos braços. Houve diferença nos valores, pré e pós-treinamento, porém foi maior no teste de salto com auxílio, e, segundo os autores, possivelmente em virtude do balanceio dos braços antes do salto.

Tormen (2007) realizou um treinamento concorrente em hidroginástica com 35 mulheres pré-menopáusicas e saudáveis, num macrociclo de 20 semanas, com 2 sessões semanais. Essa amostra foi dividida em 2 grupos e o treinamento em duas fases. Na primeira fase, os dois grupos tiveram o mesmo tipo de treinamento, onde foi avaliado força (relativa e absoluta) de extensores de joelho, força (relativa e absoluta) de extensores e flexores horizontais de ombro. Corroborando com esse estudo, tanto o grupo 1 quanto o grupo 2 tiveram um delta entre 16,95Kg e 14,75Kg, respectivamente, em força de extensores de joelho. Após, o grupo 1 realizou destreino de 20 semanas, e o grupo 2 praticou hidroginástica sem periodização. Após essas 20 semanas, o grupo que realizou o destreino, retornou aos seus níveis iniciais de antes do treinamento concorrente. O grupo 2, que realizou hidroginástica convencional também

reduziu a força adquirida em extensores de joelho, porém não chegando aos níveis iniciais de treinamento. Esse estudo mostra que, um programa de hidroginástica não periodizado, é incapaz de manter os ganhos obtidos com um treinamento adequado.

Pöyhönen *et al*. (2002) realizou um treinamento de força em hidroginástica com mulheres entre 30 e 40 anos, divididas em dois grupos, o grupo treino e o grupo controle, utilizando para progressão da intensidade, o uso de equipamentos resistivos que se assemelhavam a botas. Os resultados encontrados no pós-treino foram de 8,28% e entre 6,38 a 7,41%, respectivamente, para o torque isométrico e isocinético de extensores de joelho, e 10,97% e entre 8 a 13,20%, respectivamente, para o torque isométrico e isocinético de flexores de joelhos. Os autores sugerem que os aumentos nos valores pré e pós-treinamento devem-se ao aumento da área projetada (equipamento resistivo) e o aumento da velocidade de execução.

Outro estudo em treinamento de força foi realizado por Takeshima *et al*. (2002) que analisaram o torque de extensão e flexão de joelho em mulheres idosas, concluindo que os aumentos foram significativos e na ordem de 9% na extensão e de 13% na flexão de joelho.

Observa-se nos três estudos, tanto no de Tormen (2007), quanto no de Pöyhönen *et al*. (2002), e também no de Takeshima *et al*. (2002), foram utilizadas variações na intensidade e volume do treinamento, para o alcance dos objetivos propostos. Vários estudos feitos nos últimos anos chegaram à conclusão que, em uma periodização em hidroginástica, a intensidade do treinamento se dá através da velocidade de execução dos movimentos na água, enquanto que o volume do treinamento é determinado pelo tempo de execução desses movimentos (KRUEL et al., 2002; PÖYHÖNEN et al., 2002; TAKESHIMA et al., 2002; GRAEF e KRUEL, 2006; TORMEN, 2007 e PINTO et al., 2008). Em nosso estudo, o volume permaneceu inalterado, porém o que mudou através dos mesociclos foi a intensidade à qual as voluntárias realizavam as aulas, visto que as mesmas deveriam manter a FC numa zona de treinamento pré estabelecida.

Abaixo os gráficos mostram os incrementos que força máxima, submáxima e isométrica obtiveram com o treinamento em Jump dentro e fora da água.

Gráfico 5: Diferenças do Pós-Treinamento para o Pré-Treinamento na variável Força Máxima

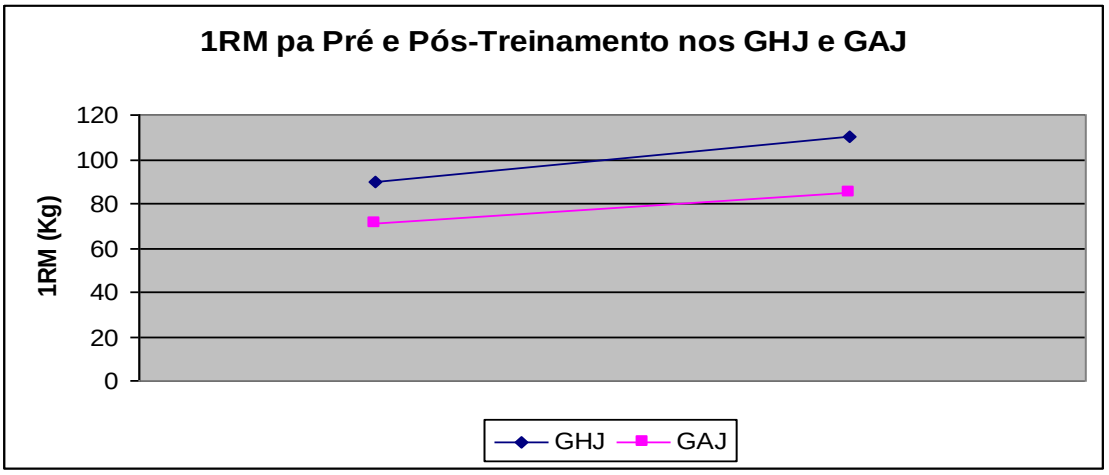



Gráfico 6: Diferenças do Pós-Treinamento para o Pré-Treinamento na variável Força Submáxima

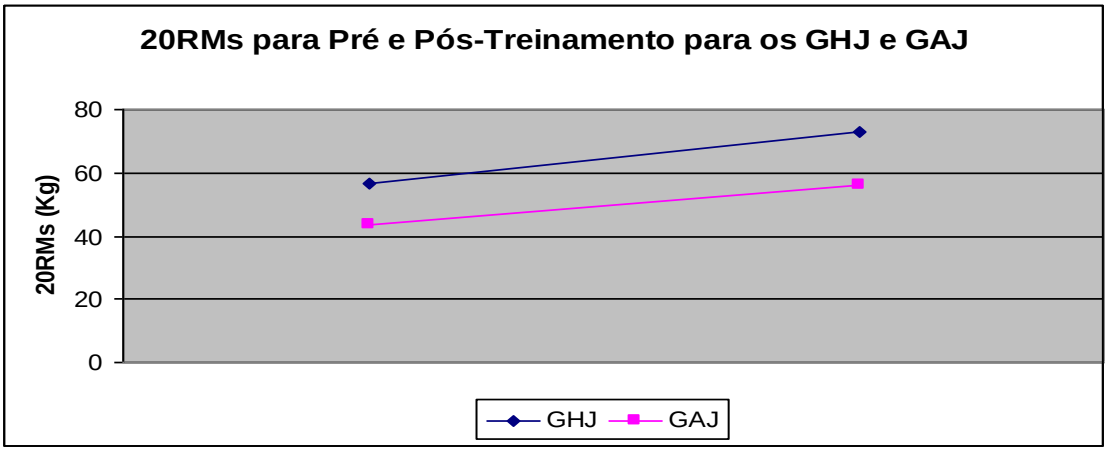
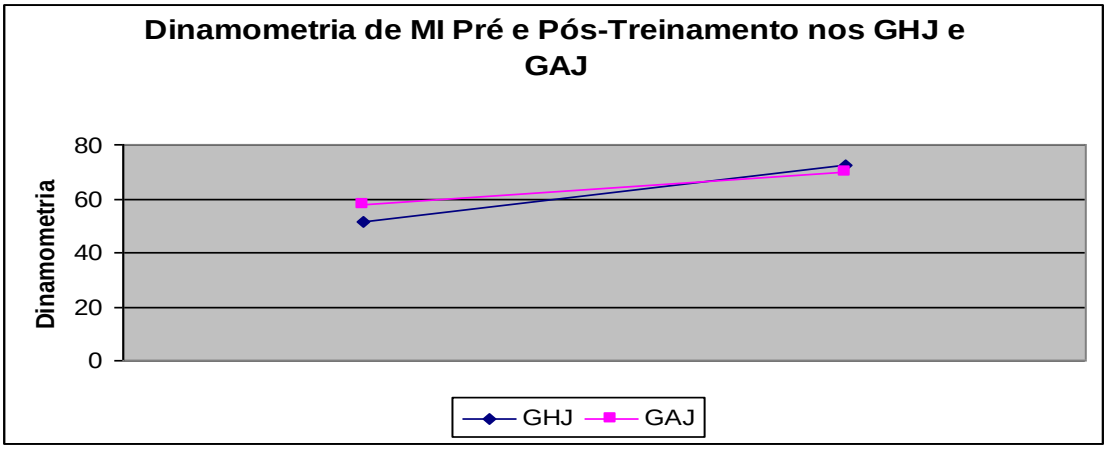



Gráfico 7: Diferenças do Pós-Treinamento para o Pré-Treinamento na variável Força Isométrica




**4. Conclusão**

O objetivo desse estudo foi analisar os efeitos de 16 semanas de treinamento aeróbio em *Jump* dentro e fora da água, nas variáveis: Fisiológicas $FC_{rep}$, $FC_{imer}$ e PA; Antropométricas %G, MCM, IMC e RCQ; Capacidades Físicas $VO_{2máx}$, Força e Flexibilidade, concluindo-se a partir dele, que o treinamento aeróbio em *Jump*, tanto no meio líquido quanto fora proporciona alterações nas variáveis antropométricas, mostrando-se uma excelente modalidade de treinamento, podendo reduzir a %G e aumentar a MCM de quem o pratica.

Pode-se concluir também que o treinamento aeróbio em *Jump*, quando periodizado e em alta intensidade, é capaz de gerar aumentos de força, tanto máxima, como submáxima, como também isométrica. Bem como também mostrou incrementos excelentes na flexibilidade, mesmo sem ter periodização específica para isso.

Conclui-se que tanto *Jump* dentro como fora da água proporciona ótimos incrementos no $VO_{2max}$, o que demonstra que essa modalidade, principalmente a praticada em imersão, são um excelente meio de treinamento para aumento da condição cardiorrespiratória.

Portanto novos estudos fazem-se necessário principalmente nos exercícios físicos relacionados à imersão. Isso abre margem a novas pesquisas, para corroborar ou questionar esse estudo. O *Jump*, apesar de estar a muito tempo no mercado, possui ainda um campo desconhecido na área do treinamento. Todavia a utilização desse equipamento na água é raro, o que gera uma escassez maior ainda de estudos.

**Referências:**

ACSM. **Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006

AGUIAR, J. B.; GURGEL, L. A. Investigação dos efeitos da hidroginástica sobre a qualidade de vida, a força de membros inferiores e a flexibilidade de idosas: um estudo no Serviço Social do Comércio – Fortaleza. **Rev Bras Educ Fís Esporte**, São Paulo, v.23, n.4, p.335-44, out./dez. 2009.

ALMEIDA, M. B.; ARAÚJO, C. G. S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a freqüência cardíaca. **Rev Bras Med Esporte** – Vol.9, Nº 2 – Mar/Abr, 2003.

ALONSO, P. T.; ANJOS, T. C.; LEITE, J. P.; GONÇALVES, A.; PADOVANI, C. R. Composição corporal, aptidão física e qualidade de vida em mulheres jovens em exercícios no mini-trampolim. **Arquivos em Movimento**, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p.49-58, julho/dezembro, 2005.

_____Composição corporal em mulheres jovens em treinamento em mini-trampolim em solo e em água com 16 semanas de duração. **Arquivos em Movimento,** Rio de Janeiro, v.3. n.1, janeiro/junho, 2007.

ANJOS, T. C.; LEITE, J. P.; ALONSO, P.T.; GONÇALVES, A.; PADOVANI, C. R. Variáveis de condicionamento físico relacionado à saúde em adultas jovens submetidas a dois programas de atividade física: rebound exercise em solo e água. **Fitness & Performance Journal**, v.5, nº1, p. 18-23, 2006.

BRUSTOLIN, R. **Efeito do treinamento aeróbio em hidroginástica na taxa metabólica basal de homens obesos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Educação Física da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim. Erechim, 2009.

EDIN, J. B.; GERBERICH, S. G.; LEON, A. S. Analysis of the effects of minitrampoline rebounding on physical fitness, body composition, and blood lipids. **Journal of Cardiopulmonary Rehability**, v.10, p.401-408, 1990.

FURTADO, E.; SIMÃO, R.; LEMOS, A. Análise do consumo de oxigênio, freqüência cardíaca e dispêndio energético durante as aulas do *Jump Fit*. **Rev. Bras. Med. Esporte** – Vol 10, Nº 5 – set/out, 2004.

GRAEF, F. I.; KRUEL, L. F. M.; Freqüência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e aplicações na prescrição do exercício – uma revisão. **Rev. Bras. Med. Esporte** – Vol. 12, Nº 4 – jul/ago, 2006.

KATCH, V. L.; VILLANACCI, J. F. Energy cost of rebound-running. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v.52(2), p.269-272, 1981.

KRUEL, L. F. M. **Peso hidrostático e Frequencia Cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1994.

**_____. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora da água**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2000.

KRUEL, L. F. M.; TARTARUGA, L. A. P.; DIAS, A. C.; SILVA, R. C.; PICANÇO, P. S. P.; RANGEL, A. B. Freqüência cardíaca durante imersão em meio aquático. Fitness & Performance Journal. 1(6):46-51, 2002.

LEITE, J. P.; ALONSO, P. T.; ANJOS, T. C.; GONÇALVES, A.; PADOVANI, C. R. Efeitos adaptativos do treinamento com mini-trampolim dentro da água. **R. bras. Ci. e Mov**. - Vol 14, Nº 3. set, 2006.

MOREIRA, C.A. **Atividade física na maturidade.** Rio de Janeiro: Shape, 2001.

PEREIRA, A. **O efeito de um programa de atividade aquática na flexibilidade e qualidade de vida de idosos**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Porto, 2009

PINTO, S. S.; ALBERTON, C. L.; FIGUEIREDO, P. A. P.; TIGGEMANN, C. L.; KRUEL, L. F. M. Resposta de Freqüência Cardíaca, Consumo de Oxigênio e Sensação Subjetiva ao Esforço em um exercício de hidroginástica executado por mulheres em diferentes situações com e sem o equipamento Aquafins®. **Rev. Bras. Med. Esporte** – Vol.14, Nº4 – jul/ago, 2008.

PÖYHÖNEN, T.; SIPILÄ, S.; KESKINEN, K. L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J. MÄLKIÄ E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. **Med. Sci. Sports Exerc**. 34(12): 2103-2109, 2002.

RIZZI, P.R.S.; LEAL, R.M.; VENDRUSCULO, A.P. Efeito da hidrocinesioterapia na força muscular e na flexibilidade em idosas sedentárias. **Fisioter Mov.** 2010 out/dez;23(4):535-43.

SILVA M.; RABELO, H. T. Estudo comparativo dos níveis de flexibilidade entre mulheres idosas praticantes de atividade física e não praticantes. **MOVIMENTUM - Revista Digital de Educação Física - Ipatinga: Unileste-MG** - V.1 - Ago./dez. 2006.

SILVA, R. J. S.; MOREIRA, L. A. Alteração no grau de flexibilidade em indivíduos sedentários submetidos à prática regular de atividade física. In: XII Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte. **Anais...** Caxambu, 2001.

SMITH, J. F. and BISHOP P. A. Rebounding Exercise. Are the training effects sufficient for cardiorespiratory fitness? **Sports Medicine** 5:6-10 (1988)

TAKESHIMA, N.; ROGERS, M.E.; WATANABE, W. F.; BRECHUE, W. F.; OKADA, A.; YAMADA, T.; ISLAM, M. M.; HAYANO, J. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. **Med Sci Sports Exerc**. 33(3): 544-551, 2002.

TOMASSONI, T. L.; BLANCHARD, T. L.; GOLDFARB, A. H. Effects of a rebound exercise training program on aerobic capacity and body composition. **The Physician and Sportsmedicin**e, v.13, n. 11, p.111-115, 1985.

TORMEN, M. L. S. **Efeitos do treinamento e destreinamento de hidroginástica no perfil lipídico e na remodelação óssea em mulheres pré-menopáusicas.** Dissertação de Mestrado. Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

VEIGA, A. D. R. **Efeitos do treinamento aeróbio, em hidroginástica, na reatividade vascular de homens obesos**. Dissertação de Mestrado. Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

VENTURINI, P. **Treinamento aeróbio em hidroginástica para mulheres obesas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Educação Física da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim. Erechim, 2010.

WHITE, J.R. Changes following ten weeks of exercise using a minitrampoline in overweight women. [Abstract] **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.21, p.291-294, 1980.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITOS DO TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO PARA EPICONDILITE MEDIAL, LATERAL E SÍNDROME DE IMPACTO DO OMBRO: RELATO DE CASO

**Leandro dos Santos**
Acadêmico de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim
Rua Diamantino A. Rigo, 310 – Bairro Linho – CEP 99704-274 – Erechim (RS), Brasil
e-mail: leandro.dss@hotmail.com
**Janesca Mansur Guedes**
Professora Doutora em Ciências da Saúde, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil
**Tatiana Comerlato**
Professora Mestre em Ciências do Movimento Humano, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil
**Fabrízzio Martin Pelle**
Preceptores de Estágio em Disfunções Muculoesqueléticas, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil
**Caren Tais Piccoli Maronesi**
Professora Mestre em Envelhecimento Humano, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil
**Zequiela Cristiane Russi**
Preceptores de Estágio em Disfunções Muculoesqueléticas, do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, Erechim (RS), Brasil

***Resumo. Objetivos:*** *Identificar os efeitos do tratamento fisioterapêutico na redução do quadro álgico, recuperação da amplitude de movimento (ADM) e melhora da capacidade funcional de um indivíduo com epicondilite medial, epicondilite lateral e síndrome do impacto do ombro.* ***Métodos:*** *Realizada avaliação fisioterapêutica composta por anamnese, inspeção, palpação, verificação da amplitude de movimento (ADM), grau de força muscular, graduação de dor através da escala visual analógica (EVA), da força de preensão palmar por dinamometria, realização de testes especiais, avaliação de exame complementar e aplicação do questionário SPADI-BRASIL que avalia o índice de dor e incapacidade do ombro. Realizadas 10 sessões de tratamento, três vezes por semana, 50 minutos cada sessão, na Clínica Escola de Fisioterapia do Centro de Estágios e Práticas Profissionais – URICEPP, na cidade de Erechim/RS.* ***Resultados:*** *Houve redução do quadro álgico geral de 8 para 0 pontos segundo a EVA. Melhora na ADM articular do ombro esquerdo para flexão (70°), extensão (7°), abdução (30°), adução horizontal (61°), rotação externa (29°) e interna (26°); e para o ombro direito para flexão (42°), extensão (8°), adução horizontal (41°), rotação externa (14°) e interna (42°); e flexão de cotovelo esquerdo (9°) e direito (1°), pronação do antebraço esquerdo (2°), supinação do antebraço esquerdo (5°) e direito (2°), flexão do punho direito (8°), extensão do punho esquerdo (6°), desvio ulnar do punho esquerdo (11°) e desvio radial do punho esquerdo (4°) e direito (10°). Diminuição da incapacidade funcional em 23,8% e dor em 22% para a articulação do ombro.* ***Conclusões:*** *Os resultados obtidos demostraram que o tratamento fisioterapêutico proposto proporcionou diminuição do quadro álgico, aumento da ADM e redução da incapacidade funcional de um indivíduo com epicondilite medial, epicondilite lateral e síndrome do impacto do ombro.*

***Palavras chave:*** Epicondilite medial. Epicondilite lateral. Síndrome do impacto do ombro. Tratamento fisioterapêutico.

## 1. INTRODUÇÃO

A epicondilite é descrita como uma patologia degenerativa que pode comprometer os tendões extensores no epicôndilo lateral ou os tendões flexores no epicôndilo medial. Ocorre com maior frequência em pessoas não atletas, de ambos os sexos, sendo relacionada a diversas atividades laborativas, com maior incidência a partir da quarta e quinta década de vida, onde geralmente o braço dominante se demonstra o mais acometido. Antigamente, esta patologia era definida como um processo inflamatório (COHEN; FILHO, 2012).

Segundo Nirschl, Pettrone (1979) a epicondilite não é uma patologia de aspecto inflamatório, mas uma tendinose que apresenta uma resposta fibroblástica e vascular. Regan et al (1992) realizaram estudos microscópicos, constatando

que fibras com rupturas apresentavam presença de tecido de granulação e crescimento de fibroblastos. Sendo que as microrrupturas geradas nas fibras passam por um processo de cicatrização parcial e hiperplasia angiofibroblástica, podendo na fase inicial esta patologia apresentar sinais inflamatórios.

A epicondilite lateral (cotovelo de tenista) é designada como uma síndrome dolorosa que tem origem no supinador do antebraço, extensores do punho e dos dedos. Esta patologia é desencadeada por microlesões na região onde se origina a musculatura extensora do antebraço, sendo o tendão extensor radial curto do carpo mais acometido (COHEN; FILHO, 2012). A epicondilite medial (cotovelo do golfista) afeta os tendões da região do epicôndilo medial do antebraço, causando degeneração dos tendões flexores e pronadores, sendo mais frequente o acometimento do tendão flexor radial do carpo (PINHEIRO, 2018).

Segundo Newcomer et al (2001) o tratamento a partir da fisioterapia convencional resulta melhora na maioria dos casos a curto e a longo prazo. Os autores utilizaram um protocolo baseado no fortalecimento a partir de exercícios excêntricos, concêntricos e utilização de gelo na região do epicôndilo a ser tratado.

Smidt et al (2002) constataram que o tratamento fisioterapêutico foi eficaz para esta patologia. Os pesquisadores aplicaram um protocolo que constava com a utilização do ultrassom pulsátil, massagem profunda transversa e exercícios terapêuticos.

A síndrome do impacto do ombro é caracterizada por um processo inflamatória e degenerativo ocasionado a partir do impacto mecânico ou devido a compressão das estruturas situadas na região umerocoracoacromial, tais como, o tendão do supraespinhal, o tendão da cabeça longa do bíceps, a bursa subacromial e a articulação acromioclavicular. Esta patologia apresenta efeito progressivo a partir do acumulo de impactos, levando a microlesões, redução da força muscular, tendinite e ruptura dos tendões musculares do manguito rotador. Esta síndrome é de caráter microtraumático e degenerativo, podendo desencadear tendinite do manguito rotador e gerar rupturas tendinosas parciais ou totais (METZKER, 2010).

Os fatores que predispõe esta patologia estão associados a constante compressão das partes moles contra o acrômio, pela permanência do mecanismo de impacto devido a formação anatômica do acrômio, pela presença de esporões na articulação acromioclavicular e pelo posicionamento superior da cabeça umeral, devido ao déficit de força muscular do manguito que predispõe a elevação do úmero (METZKER, 2010).

Segundo Giordano et al (2000) o tratamento fisioterapêutico para a síndrome do impacto é o mais recomendado, mesmo em casos que apresentem alterações anatômicas com esporão subacromial. O processo da reabilitação deve percorrer um período de três a seis meses, e o tratamento cirúrgico deve ser realizado em casos que o paciente não obtenha melhora do quadro.

Ginn et al (1997) produziram um estudo com 66 indivíduos que apresentavam dor mecânica no ombro, e constataram redução do quadro álgico nos movimentos de abdução e flexão, e melhora da capacidade functional, demonstrando que a fisioterapia no tratamento conservador proporciona alívio do quadro álgico e sintomatológico além de restaurar a função normal do ombro através dos diversos recursos disponíveis que apresenta.

Lima, Barbosa e Alfieri (2007) verificaram o aspecto funcional e a percepção da dor em indivíduos que manifestavam sintomas da síndrome de impacto no ombro antes e após a realização do tratamento fisioterapêutico e constataram redução da dor e melhora da funcionalidade.

O presente trabalho teve como objetivos identificar os efeitos do tratamento fisioterapêutico na redução do quadro álgico, na recuperação da amplitude de movimento e na melhora da capacidade funcional de um indivíduo com epicondilite medial, epicondilite lateral e síndrome de impacto do ombro.

## 2. METODOLOGIA

O estudo realizado é do tipo descritivo, longitudinal e qualitativo. A população e amostra foi composta por uma paciente de 51 anos de idade, do sexo feminino, ocupação do lar, portadora de epicondilite lateral e medial nos cotovelos esquerdo e direito, tendinite cálcica e rupturas do tendão do supraespinhal no ombro direito e tendinite e rupturas do tendão supraespinhal, infraespinhal e subescapular no ombro esquerdo, residente do município de Erechim/RS. Como critério de inclusão era necessário apresentar alguma patologia ortopédica e concordar em assinar o termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Como critério de exclusão, apresentar frequência menor que 80% nas sessões de tratamento e não concordar com algum item do TCLE.

Após a realização da avaliação fisioterapêutica a paciente foi esclarecida sobre o tratamento e concordou em assinar o TCLE, com a autorização do uso de imagens para fins acadêmicos .

A avaliação, a reavaliação e as sessões foram realizadas na Clínica Escola de Fisioterapia do Centro de Estágios e Práticas Profissionais – URICEPP, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim, na cidade de Erechim/Rs, a partir da prática clínica na disciplina do Estágio em Disfunções Musculoesqueléticas. Os atendimentos foram realizados três vezes por semana, com duração de 50 minutos por sessão. O início do tratamento ocorreu no dia 09 de maio de 2018 e seguiu até o dia 11 de junho de 2018, sendo oferecidas 15 sessões e realizadas 10 sessões, pois a paciente não pode comparecer a duas, e outras três foram canceladas devido a paralização dos caminhoneiros que ocorreu no país.

A avaliação fisioterapêutica foi realizada por meio da avaliação subjetiva onde foram colhidas informações através da anamnese com perguntas referentes aos dados pessoais da paciente, sua queixa principal, história da doença, histórico familiar e medicamentos. Na sequência foi realizada a avaliação objetiva por meio da inspeção, palpação, verificação da amplitude de movimento (ADM), classificação do grau de força muscular, graduação da dor através da escala visual analógica (EVA), verificação da força de preensão palmar pela dinamometria, realização de testes especiais e avaliação de exames complementares. Por último foi aplicado o questionário SPADI-BRASIL que avalia o índice de dor e incapacidade no ombro.

Na avaliação subjetiva a paciente relatou perda da capacidade funcional e dor na região do epicôndilo medial e lateral do cotovelo esquerdo e direito, dor na articulação do ombro esquerdo e direito e na região da musculatura do supraespinhal, trapézio superior e inferior bilateralmente. Relatou dor insidiosa e progressiva há 5 anos na região do epicôndilo lateral no cotovelo esquerdo e direito, dor há 4 anos no epicôndilo medial dos cotovelos esquerdo e direito, apresentando dor irradiada para região lateral do antebraço esquerdo até o 3° e 4° dedos da mão. Dor progressiva e insidiosa há 10 anos na articulação dos ombros esquerdo e direito com irradiação para a região lateral do braço esquerdo. Foi constatado ainda, na história da doença pregressa, hipertensão arterial sistêmica (HAS), hipercolesterolemia e depressão. Na história familiar os irmãos apresentam HAS. Quanto aos medicamentos relatou fazer a utilização de Enalapril e Atenolol para controle da HAS, Sinvastatina para controle do colesterol e Fluoxetina e Clonazepam para depressão.

Na avaliação objetiva observou-se coloração normal da pele, ausência de hipotrofia e edema na região dos cotovelos e ombros esquerdo e direito. Foi verificada dor a palpação na região do epicôndilo medial e lateral no cotovelo esquerdo e direito, dor a palpação na articulação acrômioclavicular no ombro esquerdo e direito, dor a palpação na região da borda superior da escápula e abaixo da espinha da escápula (trapézio superior e médio) no lado esquerdo e dor a palpação na musculatura do supraespinhal, região da borda superior da escápula e região lateral e inferior a espinha da escápula (trapézio superior e médio) no lado direito.

A amplitude de movimento foi verificada com a utilização de um goniômetro padrão. Para avaliar o grau de amplitude articular os movimentos foram realizados ativamente pelo paciente até o limite da amplitude que este conseguia realizar.

Para mensuração da força muscular foi utilizada a escala de graduação de força muscular, onde os graus variam de zero a cinco, sendo grau 0 correspondente a nenhuma evidência de contração muscular, seja pela visão ou pela palpação, grau 1, ligeira contração muscular, porém não há movimento, grau 2 movimento da amplitude em mais da metade da ADM, sem a presença da gravidade, grau 3 movimento da amplitude em mais da metade da ADM, porém vencendo a gravidade, grau 4 movimento da amplitude em mais da metade da ADM, vencendo a gravidade e uma resistência manual moderada imposta pelo terapeuta, grau 5 movimento através da amplitude completa contra a gravidade e uma grande resistência manual imposta pelo terapeuta.

Para graduar a dor foi utilizada a escala visual analógica (EVA), que avalia a intensidade da dor. Trata-se de uma linha com as extremidades numeradas de 0-10. Sendo que 0 representa “nenhuma dor” e 10 a “pior dor imaginável”. É pedido para que o paciente avalie e marque na linha a dor que sente no momento (Figura 1).

Figura 1- Escala Visual Analógica (EVA).

A força de preensão palmar foi avaliada por dinamometria com utilização de um dinamômetro de preensão palmar. O teste de força de preensão é comumente utilizado para avaliar pacientes com desordens da extremidade superior, antes e após procedimentos terapêuticos. Para obter o valor a paciente realizou 3 repetições de preensão, sendo que o maior valor obtido nas três repetições foi considerado o valor final.

Os testes especiais realizados foram o teste de Cozen modificado que avalia possível tendinite dos flexores do cotovelo e o teste de Cozen que avalia possível tendinite dos extensores do cotovelo, além do teste da xícara, teste da cadeira e teste de Mill que avaliam a presença de epicondilite lateral, todos estes testes se apresentaram positivos no cotovelo esquerdo e direito. Para a avaliação do ombro foram utilizados o teste de Neer, que avalia o impacto subacromial, o teste de Patte, que indica tendinite ou ruptura do tendão do infraespinhal, o teste de Hawkins que verifica impacto subacromial, tendinite ou ruptura do tendão do supraespinhal, o teste de Gerber que avalia tendinite ou ruptura do tendão do subescapular e o teste de Jobe que verifica tendinite do tendão do supraespinhal, todos estes testes se apresentaram positivos no ombro esquerdo e direito.

O exame complementar avaliado foi o ultrassom da articulação do cotovelo esquerdo e direito e o ultrassom da articulação do ombro esquerdo e direito, dos quais foram colhidas informações como epicondilite lateral e medial no cotovelo esquerdo e direito. Tendinite e rupturas do tendão supraespinhal, infraespinhal e subescapular no ombro esquerdo e tendinite cálcica e rupturas do tendão supraespinhal no ombro direito.

O questionário SPADI- BRASIL foi utilizado para avaliar o índice de dor e mensurar a incapacidade funcional do ombro. Este questionário contém treze questões relacionadas à qualidade de vida associada às disfunções do ombro. Para cada questão há uma escala de 0 a 10, sendo que 0 indica a realização da atividade sem dificuldade e 10 indica que o indivíduo não consegue realizar a atividade proposta. A pontuação máxima do questionário é de 130 pontos. A pontuação obtida é convertida em porcentagem, sendo que 100% se refere a pior condição da disfunção no ombro.

O protocolo de tratamento fisioterapêutico foi realizado a partir da utilização do ultrassom pulsado na região do epicôndilo lateral e medial no cotovelo esquerdo e direito pelo tempo de 3 minutos em cada região e tens de baixa frequência por 25 minutos na região do ombro esquerdo e direito e epicôndilo medial e lateral do cotovelo esquerdo e direito para redução do quadro álgico. Alongamento da musculatura de escalenos, peitoral maior e menor, cápsula anterior e cápsula posterior do ombro, além dos extensores, rotadores internos e rotadores externos do ombro, flexores e extensores do punho para ganho de ADM, sendo que o tempo utilizado para o alongamento de cada grupo muscular foi de 40 segundos. Exercícios pendulares para redução da dor e ganho de ADM a partir de 2 séries de 10 repetições no sentido anterior e posterior, medial e lateral e no sentido de circundução. Pompage de trapézio superior, elevador da escápula e esternocleidomastoideo para ganho de ADM e redução da dor, realizado a partir de 3 expirações, sendo que a cada expiração a musculatura era mais alongada. Exercício de elevar a bola na parede para ganho de ADM nos movimentos de flexão e abdução, realizado 3 séries de 10 repetições. Exercício na polia para ganho de ADM em flexão, realizado 3 séries de 10 repetições. Mobilização articular através do método Maitland na articulação do ombro inicialmente para redução da dor e com progressão para ganho de ADM no sentido inferior para ganho de abdução, no sentido posterior para ganho de flexão e tração do ombro para aumento do espaço articular e dos movimentos do ombro, aplicada 3 repetições por 1 minutos em cada sentido e na tração. Exercício de apertar a bola contra a parede para fortalecimento muscular isométrico de flexores, extensores, abdutores rotadores internos e rotadores externos do ombro, realizado 3 séries de 10 repetições a partir de 5 segundos de isometria. Exercício de fortalecimento para serrátil anterior e musculatura do manguito rotador a partir de 3 séries de 10 repetições.

Os dados obtidos por meio da avaliação foram tabulados em planilha do Excel sendo apresentados em forma de gráficos.

## 3. RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir referem-se a ADM ativa dos membros superiores, grau de força muscular, graduação da dor, força de preensão palmar e análise do questionário SPADI-BRASIL antes e após o programa de tratamento fisioterapêutico.

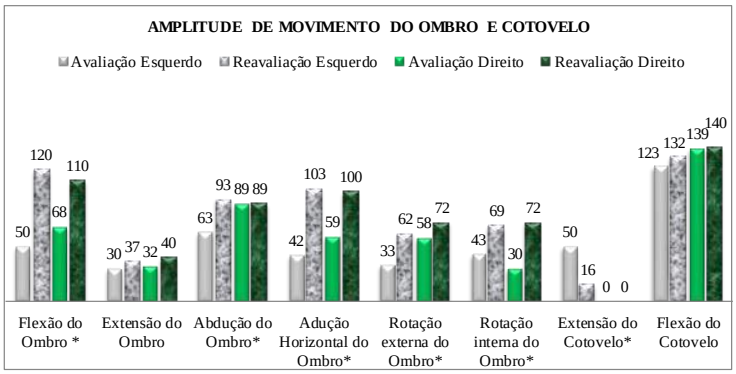



Gráfico 1 – Amplitude de movimento ativo dos ombros e cotovelos esquerdo e direito antes e após o tratamento.

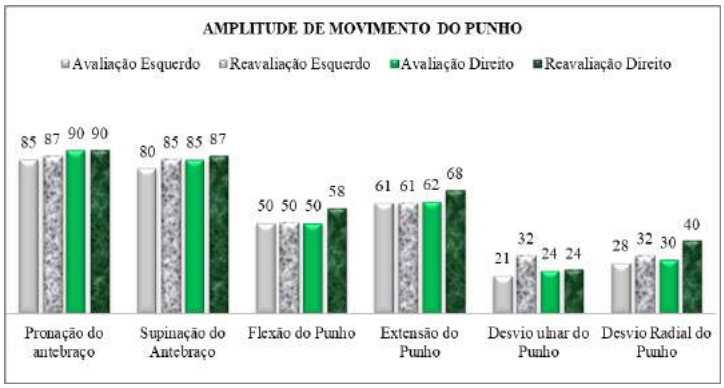



Gráfico 2 – Amplitude de movimento ativo dos punhos esquerdo e direito antes e após o tratamento proposto.

No gráfico 1 são demonstrados os valores referentes a amplitude de movimento ativa dosss ombro e cotovelo e no gráfico 2 a amplitude de movimento ativa dos punhos, obtidos na avaliação e reavaliação, onde pode se observar ganhos de ADM em flexão do ombro esquerdo e direito, abdução do ombro esquerdo, adução horizontal do ombro esquerdo e direito, rotação externa e rotação interna do ombro esquerdo e direito. E redução na extensão do cotovelo esquerdo.

Em relação aos valores referentes ao grau de força muscular dos ombros (flexão, extensão, abdução, adução horizontal rotação interna e externa), cotovelos (flexão, extensão) e punhos (flexão, extensão, pronação, supinação, desvio radial e ulnar), não houve melhora, sendo o grau de força inicial e final graduado em 3 para todos os movimentos. Justifica-se este resultado pelo fato dos exercícios para restabelecer a força muscular terem sido implementados somente a partir da nona sessão do tratamento, devido à presença do quadro álgico.

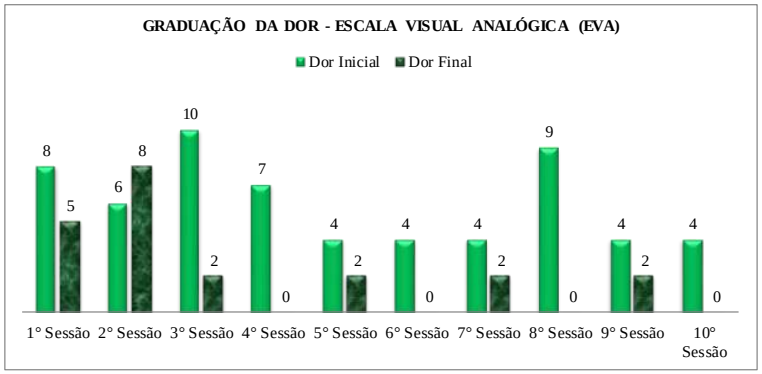



Gráfico 3 – Graduação da dor no início e ao término de cada sessão do tratamento

O gráfico 3 é referente a graduação da dor relatada pela paciente na região do epicôndilo medial e lateral, na articulação do ombro esquerdo e direito e região da musculatura de trapézio superior e supraespinhal bilateral, sendo a mesma graduação de dor referida em todas as regiões. A graduação da dor foi realizada no início e ao término de cada sessão. Pode ser observado que na segunda sessão a paciente demonstrou aumento do quadro álgico ao término do atendimento devido a não utilização de corrente elétrica analgésica, no prosseguir das sessões esta expressou redução da dor, sendo que na oitava sessão a mesma apresentou um pico agravante do quadro álgico pelo fato de ter ficado três sessões sem atendimento devido a paralisação dos caminhoneiros que ocorreu no país, podendo ainda ser verificado que ao retomar o tratamento esta voltou a apresenta redução do quadro.

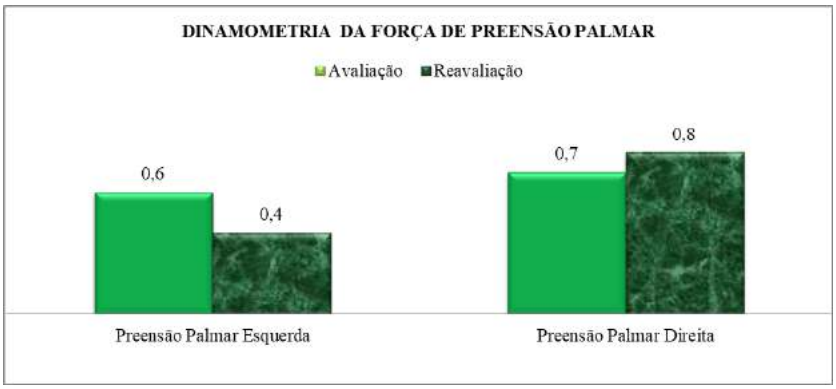



Gráfico 4 – Força de preensão palmar esquerda e direita, antes e após o tratamento proposto.

No gráfico 4 pode ser observado os valores obtidos da força de preensão palmar esquerda e direita através da dinamometria, sendo identificado redução da força de preensão palmar esquerda e aumento da força de preensão palmar direita. Podendo ser referido que até o momento da reavaliação não foram realizados exercícios para a reabilitação da força de preensão palmar. A diminuição da força de preensão palmar esquerda pode ser expressa a partir do relato da paciente por estar utilizando com menor frequência o membro superior esquerdo na realização das atividades de vida diária.

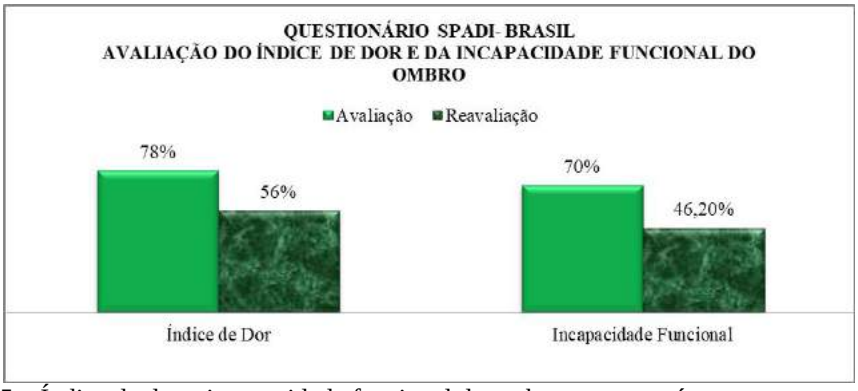



Gráfico 5 – Índice de dor e incapacidade funcional do ombro antes e após o tratamento proposto**.**

O gráfico 5 demonstra a redução dos valores relacionados ao índice da dor e da incapacidade funcional do ombro, podendo ser constatado melhora sobre o quadro álgico e aumento da capacidade funcional, a partir das treze questões respondidas pela paciente antes e após a realização do protocolo de tratamento.

## 4. DISCUSSÃO

Smidt et al (2002) realizaram a aplicação de um protocolo de tratamento com a utilização do ultrassom pulsado, massagem profunda transversa e com exercícios terapêuticos. Relatando que o tratamento a partir da fisioterapia é um método eficaz na reabilitação da epicondilite lateral. D'Vaz et al (2006) obteve redução do quadro álgico com a utilização do ultrassom de baixa intensidade em pacientes com epicondilite lateral crônica. Confirmando os resultados apresentados Cohen e Filho (2012) verificaram que a aplicação da crioterapia e do ultrassom auxiliam na diminuição da dor no tratamento da epicondilite.

Smidt et al (2003) a partir da realização de uma revisão com 23 estudos randomizados e controlados, destacou que a utilização do ultrassom no tratamento para a epicondilite lateral apresenta efeitos benéficos na reabilitação.

Rompe et al (2004) apresentaram resultados favoráveis com a utilização da terapia por ondas de choque de baixa intensidade quando comparado ao grupo placebo na reabilitação da epicondilite lateral crônica, tanto a curto como a longo prazo. Pettrone e Mccall (2005) relataram que a utilização de ondas de choque no tratamento da epicondilite proporcionou redução de 50% do quadro álgico em 64% dos indivíduos expostos por esta terapia. Confirmando tais resultados Melegati et al (2004) confirmaram que o tratamento através das ondas de choque de baixa intensidade reduzem o quadro álgico na epicondilite lateral a curto e longo prazo.

Segundo Agne (2004) a utilização do tens no tratamento da síndrome do ombro em uma fase crônica deve apresentar frequência baixa e largura de pulso alta, pois a aplicação deste recurso com estes parâmetros favorece a liberação de opioides endógenos que geram diminuição do quadro álgico até 48 horas. Kitchen (2003) afirma que para o tratamento das lesões inflamatórias tanto agudas como crônicas a fisioterapia utiliza recursos com correntes de estimulação em baixa frequência para o processo de reparo e redução do quadro álgico.

Com base nos resultados obtidos no gráfico 3, pode ser verificado que a utilização do ultrassom pulsado e do tens de baixa intensidade na epicondilite e na síndrome de impacto do ombro no decorrer do tratamento proposto promoveram redução do quadro álgico como descrito na literatura a partir dos estudos e pesquisas já realizadas com estes recursos terapêuticos.

Cohen e Filho (2012) relataram que após a redução do quadro álgico, pode ser dado início ao alongamento para ganho de amplitude de movimento das articulações do cotovelo e punho.

Metzker (2010) cita que após conseguir alívio do quadro álgico e redução do processo inflamatório no programa de reabilitação da síndrome de impacto do ombro, devem ser implementados exercícios para restabelecer a ADM e proporcionar melhora na flexibilidade.

Pode ser observado no gráfico 1 e 2, que a realização dos exercícios de alongamento no tratamento proposto sobre a articulação do punho resultou no ganho de movimento em todas as amplitudes desta articulação. Já na articulação do ombro proporcionou aumento da ADM em flexão do ombro esquerdo e direito, abdução do ombro esquerdo, adução horizontal do ombro esquerdo e direito, rotação externa e rotação interna do ombro esquerdo e direito. E redução na extensão do cotovelo esquerdo.

Souza (2001) cita que os exercícios pendulares são indicados na reabilitação da síndrome de impacto do ombro pois promovem decoaptação, relaxamento muscular, redução do quadro álgico, preservam e melhoram a amplitude de movimento. Kisner E Colby (2005), referem que os exercícios pendulares podem ser executados nos movimentos de flexão, extensão, abdução, adução e circundução, proporcionado aumentando da amplitude de movimento, sendo que para gerar maior aumento do espaço articular glenoumeral deve ser utilizado carga com a mão. Brody E Hall, (2012) afirmam que os exercícios pendulares devem permanecer no programa de tratamento para promover o alongamento da cápsula articular e gerar tração na articulação glenoumeral.

Segundo Cailliet (2000) os exercícios ativos devem ser implementados precocemente na reabilitação, pelo motivo destes promoverem aumento da ADM e fortalecimento da musculatura do manguito rotador. Brody E Hall (2012) referiram que o tratamento a partir da redução do quadro álgico fornece alívio provisório, portanto, os exercícios terapêuticos devem fazer parte do plano de tratamento.

Brody e Hall (2012) argumentaram que a cinesioterapia deve ser inserida precocemente no tratamento da reabilitação, devendo ser mantida até o final da recuperação para manutenção. Estes mesmo autores relatam que a inativação resulta na imobilidade articular, podendo esta ser revertida a partir de procedimentos fisioterapêuticos como exercícios de ADM, exercícios resistidos e mobilizações.

Conforme Edmond (2000) as técnicas de manipulação articular promovem redução do quadro álgico na articulação e em estruturas vizinhas a partir da estimulação dos receptores articulares, promovendo relaxamento muscular e descompressão articular. Esta técnica também gera ganhos sobre a amplitude articular e promove extensibilidade na presença de restrições.

Souza (2001) aponta que a execução da tração sobre a articulação glenoumeral a partir de movimentos oscilatório resulta no relaxamento muscular e na diminuição da dor.

A técnicas terapêuticas citadas acima foram aplicadas no decorrer do tratamento no presente trabalho, e constatou-se que proporcionaram aumento da ADM articular, diminuição dor e aumento da capacidade funcional na realização das atividades de vida diária.

Kisner e Colby (2005) citaram que os exercícios isométricos leves em diferentes ângulos e os exercícios de estabilização devem ser realizados para promover estabilidade do manguito rotador, do bíceps braquial e da musculatura escapular.

Segundo Ludewig e Cook (2000) e Ludewig et al (2004), o fortalecimento e reequilíbrio da musculatura do serrátil anterior deve ser enfatizado, por que o aumento da ativação muscular do trapézio superior e redução da ativação do serrátil anterior promove alteração sobre a cinemática escapular. Metzker (2010) relatou a importância do fortalecimento da musculatura estabilizadora escapular, especialmente dos rotadores externos (trapézio e serrátil anterior), porque estes músculos fracos promovem rotação escapular o que altera o ritmo escapuloumeral, resultando no impacto subacromial. Morelli E Vulcano (1993) citam que os músculos rotadores do ombro precisam ser fortalecidos para promoverem estabilidade e depressão da cabeça umeral, prevenindo o impacto subacromial

A partir dos dados apresentados nos gráficos 3, 4 e 6, pode ser observado que o trabalho de fortalecimento muscular não resultou no aumento de força. Isto ocorreu pelo motivo dos exercícios de fortalecimento terem sido implementados no tratamento a partir da nona sessão, pois anteriormente a paciente não conseguiu executar os mesmos devido ao quadro álgico.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos a partir deste estudo demostraram que o tratamento fisioterapêutico a partir da utilização de recursos como o ultrassom e a corrente elétrica de baixa intensidade proporcionaram redução da dor. Já a execução dos alongamentos, a realização da terapia manual, os exercícios pendulares de Codman e os exercícios de cinesioterapia além de produzirem diminuição do quadro álgico geraram aumento da amplitude de movimento articular e redução da incapacidade funcional. Contraparte o trabalho de fortalecimento muscular deve ser realizado para minimizar as alterações biomecânicas que resultam na síndrome do impacto do ombro e a maior propensão do desenvolvimento de patologias como a epicondilite. A partir do exposto conclui-se que a fisioterapia demonstra ser um tratamento eficaz para a reabilitação da epicondilite medial, epicondilite lateral e para síndrome do impacto do ombro.

## 6. REFERÊNCIAS

AGNE, J. E. Eletrotermoterapia. Santa Maria: J. Agne, 2004.

BRODY L. T.; HALL C. M. Exercícios terapêuticos: na busca da função. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2012.

CAILLIET, R. Doença dos tecidos moles. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

COHEN, M.; FILHO, G. R. M. Epicondilite Lateral do Cotovelo. Revista Brasileira de Ortopedia, v. 47, n. 4, p. 414-420, 2012.

D'VAZ, A P.; et al. Pulsed Low-intensity Ultrasound Therapy for Chronic Lateral Epicondylitis: A Randomized Controlled Trial. Journal of the British Society for Rheumatology, v. 45, n. 5, p.566-570, 2006.

EDMOND, S. L. Manipulação e Mobilização: Técnicas para membros e coluna. São Paulo: Manole, 2000.

GINN, K. A.; et al. A Randomized, Controlled Clinical Trial of a Treatment for Shoulder Pain. Journal Physical Therapy, v. 77, n. 8, p. 802-811, 1997.

GIORDANO, M.; et al. Tratamento conservador da síndrome do impacto subacromial. Revista Acta Fisiátrica, v. 7, n.1, p. 13-19, 2000.

KISNER, C. COLBY, L. A. Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas. 4. ed. São Paulo: Manole, 2005.

KITCHEN, S. Eletroterapia: prática baseada em evidências. 11. ed. São Paulo: Editora Manole, 2003.

LIMA, G. C. S.; BARBOSA, E. M.; ALFIERI, F. M. Análise da funcionalidade e da dor e de indivíduos portadores de síndrome do impacto, submetidos à intervenção fisioterapêutica. Revista Fisioterapia em Movimento, v. 20, n. 1, p. 61-69, 2007.

LUDEWIG, P. M.; COOK, T.M. Alterations in Shoulder kinematics and Associated Muscle Activity in People With Symptoms of Shoulder Impingement. Journal of the American Physical Therapy, v. 80, n. 3, p. 276-291, 2000.

LUDEWIG, P. M.; et al. Relative Balance of Serratus Anterior and Upper Trapezius Muscle Activity During Push-up Exercises. American Journal of Sports Medicine, v. 32, n. 2, p. 484-493, 2004.

MARTINS, J.; et al. Versão brasileira do Shoulder Pain and Disability Index: tradução, adaptação cultural e confiabilidade. Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 14, n. 6, p. 527-536, 2010.

MELEGATI, G.; et al. Comparison of two Ultrasonographic Localization Techniques for the Treatment of Lateral Epicondylitis With Extracorporeal Shock Wave Therapy: A Randomized Study. Clinical Rehabilitation, n. 18, v. 4, p. 366-370, 2004.

METZKER, C. A. B. Tratamento conservador na síndrome do impacto no ombro. Revista Fisioterapia em Movimento, v. 23, n. 1, p. 141-151, 2010.

MORELLI R. S. S.; VULCANO D. R. Princípios e procedimentos utilizados na reabilitação das doenças do ombro. Revista Brasileira de Ortopedia, v. 28, n. 9, p. 653-656, 1993.

NEWCOMER, K. L.; et al. Corticosteroid Injection in Early Treatment of Lateral Epicondylitis. Clinical Journal of Sport Medicine, v.11, n. 4, p.214-122, 2001.

NIRSCHL, R. P.; PETTRONE, F. A. Tennis elbow. The Surgical Treatment of Lateral Epicondylitis. Journal of Bone and Joint Surgery American, v. 61, n. 6, p. 832-839, 1979.

PETTRONE, F. A.; MCCALL, B. R. Extracorporeal Shock Wave Therapy Without Local Anesthesia for Chronic Lateral Epicondylitis. Journal of Bone and Joint Surgery American, v. 87, n. 6, p. 1297-1304, 2005.

PINHEIRO, M. Epicondilite Medial: Como identificar e tratar. 2018. Disponível em: <(https://www.tuasaude.com/epicondilite-medial/)>. Acesso em 10 de junho. 2018.

REGAN, W.; et al. Microscopic Histopathology of Chronic Refractory Lateral Epicondylitis. American Journal of Sports Medicine, v. 20, n. 6, p. 746-749, 1992.

ROMPE, J. D.; et al. Repetitive Low-energy Shock Wave Treatment for Chronic Lateral Epicondylitis in Tennis Players. American Journal of Sports Medicine, v. 32, n. 3, p. 734-743, 2004.

SMIDT, N.; et al. Corticosteroid Injections, Physiotherapy, or a Wait-and-see Policy for Lateral Epicondylitis: a Randomised Controlled Trial. Journal the Lancet, v. 359, n. 9307, p. 657-662, 2002.

SMIDT, N.; et al. Effectiveness of Physiotherapy for Lateral Epicondylitis: A Systematic Review. Annals of Medicine, v. 35, n. 1, p. 51-62, 2003.

SOUZA, M. Z. Reabilitação do complexo do ombro. São Paulo: Manole, 2001.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são o único responsável pelo material impresso incluído neste trabalho.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITO DO USO DE *CHLAMYDOMONAS BICONVEXA* EM UM DÉFCIT COGNITIVO INDUZIDO PELA ESCOPOLAMINA

**First Author's Name: Luisa Maria Gelain**
Institution and address: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim-RS.99709-910
e-mails; luisagelain@uricer.edu.br
**Second Author's Name Alexandre Matthiensen**
Institution and address: Rodovia BR-153, Km 110, Distrito de Tamanduá, Concórdia – SC CEP: 89715-899.
**Third Author's Name: Helissara Silveira Diefenthaeler**
Institution and address: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim-RS.99709-910.
**Bedroom Author's Name: Amanda Carla Marengo**
Institution and address: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim-RS.99709-910.
**Fifth Author's Name: Ana Cláudia Konzen**
Institution and address: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim-RS.99709-910.
**Sixth Author's Name: Silvane Souza Roman**
Institution and address: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim-RS.99709-910

**RESUMO**

As microalgas possuem na sua composição ácidos graxos poliinsaturados, carotenóides, polissacarídeos, vitaminas, esteróis e diversos compostos bioativos naturais. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do extrato de microalgas contendo *Chlamydomonas biconvexa* na dose de 500 mg/kg sobre o déficit cognitivo induzido pela escopolamina em camundongos femeas Swiss. Foram utilizados 40 animais divididos em 5 grupos a seguir Sol. S. +EXT, grupo EXT+ESC, grupo Sol S.+ ESC, grupo CAF+ ESC, e o grupo Sol. S.+ CAF. Foi realizado o teste comportamental de esquiva inibitória de curta e longa duração. No teste da esquiva inibitória de curta e longa duração não houve diferença significativa, porém o extrato teve uma tendência em proteger o déficit cognitivo induzido pela escopolamina. O extrato da microalga *Chlamydomonas biconvexa* na dose de 500mg/kg protegeu parcialmente o deficit de memória.

**Palavras chaves:** Microalga, memória, défict cognitivo.

## 1.0 INTRODUÇÃO

As microalgas fazem parte de um grupo muito heterogêneo de organismos. A grande maioria é aquática e geralmente microscópicos unicelulares, podendo formar colônias, e apresentar pouca ou nenhuma diferenciação celular (RAVEN et al., 2001). A sua composição química têm elevado a procura por novas espécies botânicas que possuam, além dessa propriedade, uma atividade biológica complementar relevante (CÉSPEDE et al., 2008). Assim, as microalgas podem desempenhar um papel importante como fonte de produtos naturais e compostos bioativos, podendo ser utilizados em substituição aos sintéticos (MARIUTTI e BRAGAGNOLO, 2007).

Algumas doenças neurodegenerativas como o mal de Alzheimer (DA) são doenças de lenta e progressiva evolução, destroem as funções mentais importantes, levando o paciente à perda de sua capacidade de raciocínio, julgamento e memória, tornando-o dependente de apoio nas suas atividades diárias. Os neurônios e suas conexões se degeneram e morrem, causando atrofia cerebral e declínio global na função mental (PINHEIRO, 2017).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do extrato de microalgas contendo *Chlamydomonas biconvexa* na dose de 500 mg/kg sobre o déficit cognitivo induzido pela escopolamina em camundongos, analisar e avaliar a memória de curta e longa duração por meio da esquiva inibitória.

## 2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

A microalga *Chlamydomonas biconvexa* Embrapa|LBA40 foi obtida da Embrapa Agroenergia, localizada em Brasília. A padronização do extrato seguiu o protocolo Matthiensen et, al (2017), com modificações.

Para a realização do experimento foram utilizados 40 camundongos fêmeas Swiss com aproximadamente 50 dias, fornecidos pelo Biotério da URI. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética de Uso de Animais (CEUA) da URI Erechim.

Esses camundongos foram divididos em cinco grupos com 8 animais cada, da seguinte forma: Grupo SOLUÇÃO SALINA+EXT, grupo EXT+ESC, grupo SOLUÇÃO SALINA+ESC, grupo CAF+ESC, e o grupo SOLUÇÃO SALINA+CAF.

O teste comportamental da esquiva inibitória foi baseado em Marques (2004). A esquiva inibitória é uma tarefa caracterizada como aversiva, na qual o animal aprende a inibir uma resposta (descer da plataforma), a fim de evitar um estímulo aversivo (o choque elétrico 0,4 mA). Uma vez que há uma punição para a atividade exploratória natural de um roedor, por meio do choque, a sessão treino é capaz de induzir a formação de uma memória de curta ou de longa duração. A memória pode ser medida na sessão teste, na qual o animal é reexposto ao aparelho com a ausência do choque.

Foi realizado em uma caixa de condicionamento, com face frontal de vidro. Na extremidade esquerda da caixa encontrava-se uma plataforma de madeira de 8 cm de largura e 25 cm de comprimento, situada a 5 cm do chão da caixa. No restante da caixa o assoalho era formado por uma grade de barras de inox, as quais apresentam 0,2 cm de diâmetro e encontram-se separadas umas das outras por um espaço de 1 cm.

Na sessão treino os animais foram colocados delicadamente de frente para o fundo da caixa, e ao descer com as quatro patas nas grades de inox receberão um choque elétrico de 0,4 mA, durante 2 segundos e a latência de descida foi registrada. Logo após os animais foram retirados do equipamento e colocados em suas caixas de origem (MARQUES, 2004). Nas sessões teste (24 horas pós-treino para memória de longa duração e 90 minutos pós-treino para memória de curta-duração) o animal foi reexposto ao equipamento, mas com a extinção do choque elétrico. A diferença entre o tempo de descida (latência) da sessão teste e da sessão treino foi tomada como medida de memória. Assim, foi estabelecido um teto máximo de latência de descida da plataforma correspondente a 60 segundos na sessão treino e 180 segundos na sessão teste, igualmente para todos os grupos (ROESLER et al., 2003), de modo que as latências superiores a estes padrões vai ser consideradas como tais.

A administração do extrato de *Chlamydomonas biconvexa* a administração foi realizada 45 minutos antes a sessão treino (aquisição). A administração intraperitoneais de escopolamina foram feitas 15 minutos após o pré-tratamento com extrato de microalgas, ou seja, 30 minutos antecedendo as tarefas comportamentais.

Para a análise dos dados obtidos foi utilizado uma análise de variância (ANOVA) de uma via, seguida pelo teste de comparação múltipla de Tukey, utilizando o software (GraphPad Prism6®). Considerando-se um nível de significância de 5%.

## 3.0 RESULTADOS

### 3.1 Padronização do extrato

O extrato das microalgas apresenta cepas de *Chlamydomonas biconvexa* Figura 1. O comprimento de onda de 570 nm utilizado no experimento foi baseado no protocolo de Lourenço (2006).

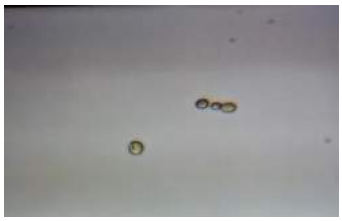


**Figura 1:** Fotomicrografia de *Chlamydomonas biconvexa*. 40x.

Na figura 2 podem ser observados os valores de absorbância encontrados nas amostras durante o respectivo tempo de sonificação. De acordo com os resultados obtidos na figura 03, os tempos de sonificação de 02, 05 e 15 s não foram eficazes no rompimento celular, sendo utilizado o tempo de 10s devido sua maior absorbância em consequência da maior liberação do pigmento (Figura 2).

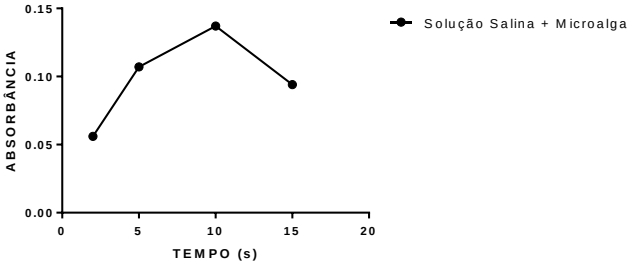



**Figura 2:** Análise espectrofotométrica no comprimento de onda (570 nm) do extrato de microalgas diluído em solução salina nos diferentes tempos de sonificação.

### 3.2 Teste comportamental

Analisando os resultados da memória de curta duração nas Figura 3 A, B e C, não foram encontradas diferenças significativas entre os animais nos diferentes testes. Porém quando comparado o grupo EXT+ESC com o grupo SOL. S.+ESC foi visto uma tendência no grupo EXT+ESC em proteger o déficit causado pela escopolamina por permaneceram menor tempo sobre a plataforma no teste quando comparado ao treino (figura 3 A).

Quando analisado a figura da latência (3C), que leva em consideração o tempo do treino e o tempo do teste, foi visto que o tempo de descida do grupo EXT + ESC foi semelhante ao grupo CAF+ ESC.

**Figura 3:** Os dados estão expressos em média ± desvio padrão.

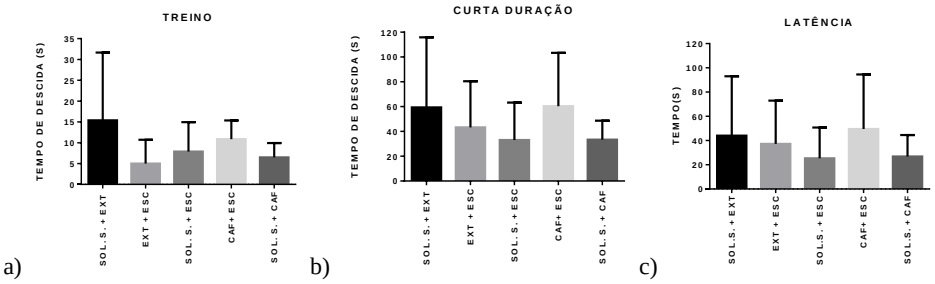



**Figura 3:** Efeitos do Extrato contendo *Chlamydomonas biconvexa* sobre o déficit de memória induzido por escopolamina na tarefa de esquiva inibitória de curta duração (90min).

Quando comparado o grupo SOL. S+ESC com o grupo EXT+ESC foi visto uma tendência no grupo EXT+ESC a proteger o déficit causado pela escopolamina por permaneceram menor tempo sobre a plataforma no teste quando comparado ao treino (figura 4 A).

Quando analisado a figura da latência (4C) podemos observar que o grupo EXT + ESC foi semelhante ao grupo CAF+ ESC, porém não apresentou diferença significativa.

**Figura 4:** Os dados estão expressos em média ± desvio padrão

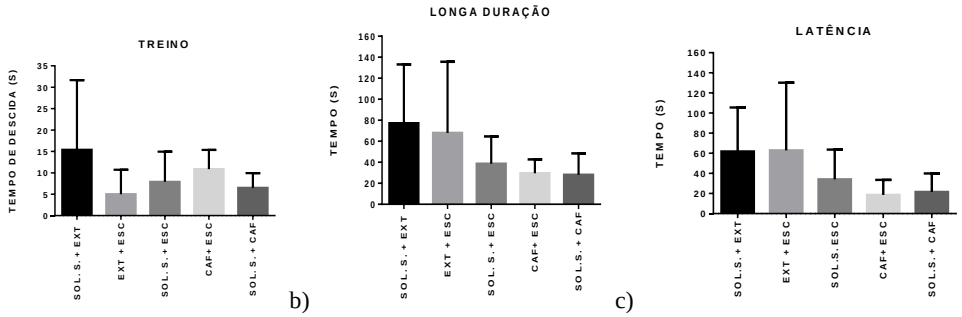



**Figura 4:** Efeitos do Extrato contendo *Chlamydomonas biconvexa* sobre o déficit de memória induzido por escopolamina na tarefa de esquiva inibitória de longa duração (24h).

## 4.0 DISCUSSÃO

A desnutrição proteica produz alterações físicas e metabólicas, além de alterações cerebrais que levam a diversos prejuízos no que diz respeito ao comportamento, aprendizagem e memória (GALLER, et al, 1995)

Nem todas as regiões do cérebro estão igualmente envolvidas no processo de armazenar informações, pois diferentes áreas armazenam aspectos de memórias distintos. Danos causados ao hipocampo, ocasiona profundos déficits na memória declarativa sem que ocorra dano motor e sensorial (LAVANEX, et al 2007).

Na avaliação da memória aversiva de curta (1,5 horas após o treino) e de longa duração (24 horas após o choque) através do teste da esquiva inibitória, os animais aprendem a evitar o choque (treino) não colocando as patas no lado do piso eletrificado do aparelho. Assim a memória aversiva permite que o animal evite uma situação potencialmente aversiva em determinado momento, por exemplo choque nas patas, possa ser repetida em experiências futuras (CURRAN e MINTZER, 2006). Levando em consideração o teste de curta duração (1,5 horas após o treino) e a memória de longa duração (24 horas após o treino), pode-se observar nesse estudo que extrato contendo a microalga protegeu a doença cognitiva principalmente na memória de longa duração, devido aos componentes presentes nas microalgas como proteínas, lipídios, ácidos graxos e vitaminas (SANTANA, 2016) tiveram uma absorbância maior no organismo, comparados ao teste de curta duração, o que ajudaria na proteção da memória, tendo uma tendência em proteger a doença cognitiva isso porque algumas proteínas participam como precursores na síntese de neurotransmissores.

Os grupos que receberam cafeína no teste de esquiva inibitória tiveram um resultado esperado, isso por que a cafeína aumenta a liberação de catecolamina, dopamina, serotonina e acetilcolina gerando o aumento da atividade neuronal, diminuindo o fluxo cerebral sanguíneo e aumentando o metabolismo. Porém podem causar algumas reações prejudiciais quando ingeridos a partir de 1 grama. Essas reações estão relacionadas ao SNC e sistema circulatório, (GOODMAN& GILMAN'S, 2006). Porém nos testes de curta duração obtiveram uma melhor absorção, devido ao fato do efeito estimulante da cafeína tem uma duração nas primeiras 6 horas após a ingestão, após esse período ela já começa a ser liberada pelo organismo.

## 5.0 CONCLUSÃO

O extrato da microalga *Chlamydomonas biconvexa* na dose de 500mg/kg protegeu parcialmente o deficit de memória induzido pela escopolamina no teste da esquiva inibitória de longa duração.

## 6.0 REFERÊNCIAS

CÉSPEDES, C.L.; EL-HAFIDI, M.; PAVON, N.; ALARCON, J. **Antioxidant and cardioprotective activities of phenolic extracts from fruits of Chilean blackberry Aristotelia chilensis (Elaeocarpaceae),** Maqui. Food Chemistry, v.107, p.820- 829, 2008.

CURRAN, H.V.; MINTZER, M.Z. Psychopharmacology og memory. Psychopharmacology, v. 188, p. 393-396, 2006

GALLER, J.R.; SHUMSKY, J.S.; MORGANE, P.J. Malnutrition and brain development. In: Walker, W.A. and Watkins j. (Eds.) Nutrition in Pediatrics. 2nd edition. France: Plenum Press, p. 194 – 210, 1995.

Goodman & Gilman's **The Pharmacological Basis of Therapeutics**, 11th edition. New York: McGraw-Hill: 2006.

LAVENEX, P.; LAVENEX, P.B.; AMARAL, D.G. Postnatal development of the primate hippocampal formation. Developmental Neuroscience, v. 29, p. 179 – 192, 2007.

LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa. 2006.

MATTHIENSEN, A. ; BREDA, M. ; NONNENMACHER, J. L. ; MICHELON, W.; ROMAN, S. S. ; ZANIN, E. M. ; DIEFENTHAELER, H. S. ; CANSIAN, R. L. ; PEREIRA, A. A. M. ; SILVA, M. B. . **Avaliação da Composição Celular e da Toxicidade Aguda e Subcrônica de Material Algáceo Produzido com Efluentes da Suinocultura**. 2017.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Revisão: Antioxidantes Naturais da Família Lamiaceae - Aplicação em Produtos Alimentícios, **Brazilian Journal Food Technology,** v. 10, n. 2, p. 96-103, 2007.

MARQUES, C. P. Análise dos efeitos da morina sobre a memória de reconhecimento e esquiva inibitória em ratos. 50 f. **Dissertação** (Mestrado em Gerontologia Biomédica) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Porto Alegre-RS, 2004.

PINHEIRO, P. **A doenças de Alzheimer é a principal causa de demência no mundo.** 2017 Disponível em http://www.mdsaude.com/2011/03/mal-alzheimer.html. Acesso 26 de mai de 2017

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal.** Editora Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 6a. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. 2001, 906 p.

ROESLER, R.; SCHRÖDER, N.; VIANNA, M. R. Differential involvement of hippocampal and amygdalar NMDA receptors in contextual and aversive aspects of inhibitory avoidance memory in rats. **Brain Res**., v.975, p.207-213, 2003.

SANTANA, H. **Isolamento, seleção e caracterização de microalgas com alta produtividade de biomassa em meio de cultivo a base de vinhaça e CO2.** Dissertação (Mestrado) —Instituto Multidisciplinar em Saúde– Universidade Federal da Bahia, Vitória da Conquista, 2016 .

## 7.0 AVISO DE RESPONSABILIDADE

O (s) autor (es) é (são) o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# EFEITO PROTETOR DO EXTRATO DE MICROALGAS NO DÉFICIT COGNITIVO INDUZIDO PELA ESCOPOLAMINA EM CAMUNDONGOS

**Luisa Maria Gelain**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim- RS.99709-910
e-mails; luisagelain@uricer.edu.br
**Alexandre Matthiensen**
Embrapa- Ave e Suínos. Rodovia BR-153, Km 110, Distrito de Tamanduá, Concórdia – SC CEP: 89715-899.
**Helissara Silveira Diefenthaeler**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim- RS.99709-910.
**Felipe dos Santos Moyses**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim- RS.99709-910.
**Rogério Luis Cancian**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim- RS.99709-910.
**Silvane Souza Roman**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621. Erechim- RS.99709-910

***Resumo:*** *As microalgas apresentam potencial de uso no desenvolvimento de alimentos funcionais, por suas propriedades específicas a exemplo da elevada atividade antioxidante. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do extrato de microalgas contendo Chlamydomonas biconvexa na dose de 500 mg/kg sobre o déficit cognitivo induzido pela escopolamina em camundongos. Para tanto foram utilizados 40 camundongos fêmeas Swiss, divididos em cinco grupos conforme os tratamentos que receberam a seguir Solução Salina +Extrato, grupo Extrato+Escopolamina, grupo Solução Salina+ Escopolamina, grupo Cafeína+ Escopolamina, e o grupo Solução Salina+ Cafeína. A seguir foi realizado o teste comportamental de reconhecimento de objeto, de curta e longa duração. No teste de reconhecimento de objeto na memória de curta e longa duração, houve diferença significativa no grupo* SOL. S + EXT em relação aos grupos EXT+ESC e SOL.S.+ESC, *porém o extrato não protegeu contra o déficit cognitivo. O extrato da microalga Chlamydomonas biconvexa na dose de 500mg/kg não protegeu o deficit de memória induzido pela escopolamina no teste de reconhecimento de objetos*

**Palavras Chaves:** Memória, microalga, escopolamina.

## 1. INTRODUÇÃO

As microalgas fazem parte de um grupo muito heterogêneo de organismos, sendo a grande maioria aquática e geralmente microscópicos unicelulares, podendo formar colônias, e apresentar pouca ou nenhuma diferenciação celular (RAVEN et al., 2001). As microalgas possuem compostos presentes como o ácidos graxos poliinsaturados, carotenóides, ficobilinas, polissacarídeos, vitaminas, esteróis e diversos compostos bioativos naturais, sendo assim, apresentam potencial de uso no desenvolvimento de alimentos funcionais, por suas propriedades específicas a exemplo da elevada atividade antioxidante. (MIRANDA et al., 1998, MORAIS; COSTA, 2008;).

Doenças neurodegenerativas como a doença de Alzheimer (DA) são lentas e acompanhada de lesões muito disseminadas, tanto nas áreas corticais como em núcleos e projeções colinérgicas, noradrenérgicas, dopaminérgicas serotoninérgicas e b-endorfínicas (IZQUIERDO et al., 1989). Algumas das causas que podem provocar o esquecimento estão à carência de vitaminas, principalmente a B12 e ácidos fólicos (vitamina B6) e concentrações divergentes de cálcio (GOMES, 2008).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar o efeito protetor do extrato *de microalgas contendo Chlamydomonas biconvexa* sobre o deficit de memória induzido em camundongos peloteste de reconhecimento de objeto.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A microalga *Chlamydomonas biconvexa* Embrapa|LBA40 foi obtida da Embrapa Agroenergia, localizada em Brasília. A padronização do extrato seguiu o protocolo Matthiensen et, al (2017) com modificações.

Para a realização do experimento foram utilizados 40 camundongos fêmeas Swiss com aproximadamente 50 dias, fornecidos pelo Biotério da URI. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética de Uso de Animais (CEUA) da URI Erechim.

Esses camundongos foram divididos em cinco grupos com 8 animais cada, da seguinte forma: Grupo SOLUÇÃO SALINA+EXT, grupo EXT+ESC, grupo SOLUÇÃO SALINA+ESC, grupo CAF+ESC, e o grupo SOLUÇÃO SALINA+CAF.

A administração do extrato de *Chlamydomonas biconvexa* foi realizada 45 minutos anteriores à primeira apresentação (aquisição). A administração intraperitoneal de escopolamina foram feitas 15 minutos após o pré-tratamento com extrato de microalgas, ou seja, 30 minutos antecedendo a tarefa comportamental.

Para a realização do teste de reconhecimento de objeto, foi seguido um protocolo baseado no trabalho de Izquierdo et al (2006).

Já a análise dos dados obtidos foi utilizado uma análise de variância (ANOVA) de uma via, seguida pelo teste de comparação múltipla de Tukey, utilizando o software (GraphPad Prism6®). Considerando-se um nível de significância de 5%.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Padronozação do extrato

O extrato das microalgas apresenta cepas de *Chlamydomonas biconvexa* Figura 1. O comprimento de onda de 570 nm utilizado no experimento foi baseado no protocolo de Lourenço (2006).

**Figura 1:** Fotomicrografia de *Chlamydomonas biconvexa*. 40x.

Na figura 2 podem ser observados os valores de absorbância encontrados nas amostras durante o respectivo tempo de sonificação. De acordo com os resultados obtidos na figura 03, os tempos de sonificação de 02, 05 e 15 s não foram eficazes no rompimento celular, sendo utilizado o tempo de 10s devido sua maior absorbância em consequência da maior liberação do pigmento (Figura 2).

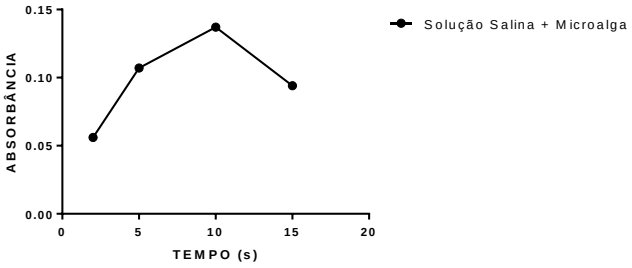



**Figura 2:** Análise espectrofotométrica no comprimento de onda (570 nm) do extrato de microalgas diluído em solução salina nos diferentes tempos de sonificação.

### 3.2 Testes comportamental de Reconhecimento de Objeto.

Analisando os resultados da memória de curta duração nas Figura 3 A e B, foi visto que o grupo SOL. S + EXT apresentou menor índice de reconhecimento em relação ao grupo EXT+ESC, SOL. S.+ESC, CAF+ESC e SOL.S.+ESC e de forma significativa. Além do mais, o grupo EXT + ESC teve menor índice de reconhecimento quando comparado com o grupo CAF+ ESC e de forma significativa.

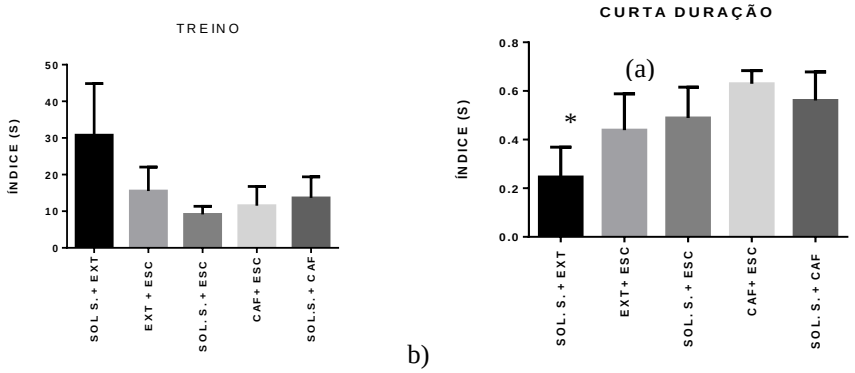



**Figura 3:** Efeitos do Extrato contendo *Chlamydomonas biconvexa* sobre o déficit de memória induzido por escopolamina na tarefa de reconhecimento de objeto de curta duração (1,5h). Dados estão expressos em média ± desvio padrão. * Diferença significativa em relação ao grupo controle. (a) diferença significativa em relação ao grupo EXT+ESC.

Analisando os resultados da memória de longa duração nas Figura 4 A e B, foi observado que o grupo SOL. S + EXT apresentou um índice de reconhecimento menor que os grupos EXT+ESC e SOL.S.+ESC e de forma significativa. Além do mais o grupo SOL. S.+ESC apresentou um índice de reconhecimento maior que os grupos CAF+ESC e SOL.S+CAF e também foi observado que o grupo EXT+ESC apresentou um índice de reconhecimento menor em relação aos grupos CAF+ESC e SOL.S.+ESC, com diferença significativa.

Figura 4: Os dados estão expressos em média ± desvio padrão. * Diferença significativa em relação ao grupo controle. (a) diferença significativa em relação ao grupo EXT+ESC e o grupo SOL. S.+ CAF com $p < 0.0001$.

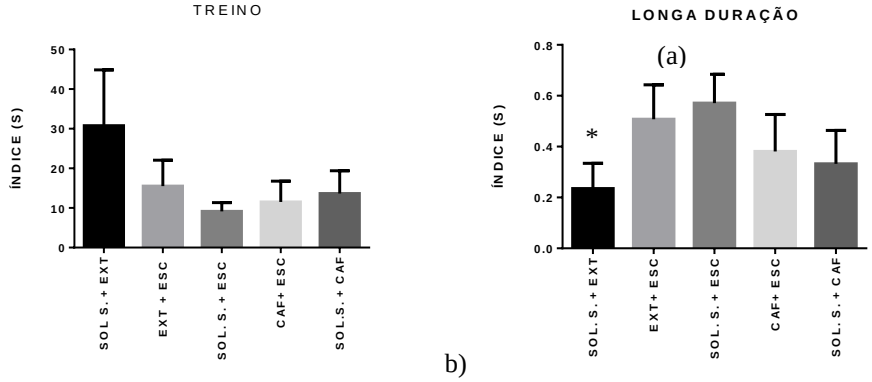



**Figura 4:** Efeitos do Extrato contendo *Chlamydomonas biconvexa* sobre o déficit de memória induzido por escopolamina na tarefa de reconhecimento de objeto de longa duração (24h).

## 4. DISCUSSÃO

Nem todas as regiões do cérebro estão igualmente envolvidas no processo de armazenar informações, pois diferentes áreas armazenam aspectos de memórias distintos. O hipocampo constitui-se uma estrutura localizada no lobo medial temporal. Trata-se de uma região amplamente estudada por sua importância na aquisição e consolidação da memória, exercendo um papel importante na formação de memórias e na aprendizagem. Danos causados a essa região, ocasiona profundos déficits na memória declarativa sem que ocorra dano motor e sensorial (LAVENEX, et al 2007).

O teste de reconhecimento de objetos avalia a capacidade de memorização e exploração de objetos. Para esse teste, algumas áreas cerebrais como hipocampo, córtex temporal, córtex pré-frontal, estão envolvidas no processamento de memórias de curta e longa duração, declarativa e não-associativa. Acredita-se que a formação de memórias e o aprendizado envolvam alterações na atividade neural, através de eventos plásticos que modificam a comunicação entre os neurônios (IZQUIERDO, 1998). Nesse trabalho foi possível perceber que tanto no teste de curta duração como o de longa, os grupos que receberam o extrato de microalgas não tiveram eficácia na proteção do déficit cognitivo em modelos de camundongos.

Dentre os compostos presentes nas microalgas, destacam-se ácidos graxos poliinsaturados, carotenóides, ficobilinas, polissacarídeos, vitaminas, esteróis e diversos compostos bioativos naturais, sendo assima, as microalgas

apresentam potencial de uso no desenvolvimento de alimentos funcionais, por suas propriedades específicas a exemplo da elevada atividade antioxidante. (MIRANDA et al., 1998, MORAIS; COSTA, 2008;). Já na microalga *Chlamydomonas biconvexa* encontra-se principalmente carboidratos, proteínas, lipídios (SANTANA, 2016).

Assim, as microalgas podem desempenhar um papel importante como fonte de produtos naturais e compostos bioativos, podendo ser utilizados em substituição aos sintéticos (MARIUTTI e BRAGAGNOLO, 2007).

A cepa de *Chlamydomonas biconvexa* Embrapa|LBA 40 foi cultivada em bateladas independentes durante 5 no meio BBM (meio sintético controle) suplementado com CO2, apresentando um bom rendimento de biomassa (NASCIMENTO, 2016), o que não influenciou o resultado desta pesquisa.

## 5. CONCLUSÃO

O extrato da microalga *chlamydomonas biconvexa* , na dose de 500mg/kg, não protegeu o deficit de memória induzido pela escopolamina no teste de reconhecimento de objeto.

## 6. REFERÊNCIAS

GOMES, Y. – **Nutrição Cerebral** – O globo(o)nline 2008. Disponível em http://www.oglobo.globo.com . Acesso em 24 de mai de 2017.

IZQUIERDO, L, BARCIK, N. R. e BRIONI, J. D. **Pre-test b-endorphin and epinephrine, but not oxotremorine, reverse retrograde interference of a conditioned emotional response in mice**. *Pharmacol. Biochem. Behav.*, 1989.

IZQUIERDO, I.; BARROS, D.M.; MELLO e SOUZA, T.; de SOUZA, M.M.; IZQUIERDO, L.A.; MEDINA, J.H. **Mechanisms for memory types differ**. Nature, 393 (6686): 635-6, 1998.

IZQUIERDO, I.; BEVILAQUA, L. R. M.; ROSSATO, J. I.; BONINI, J. S.; MEDINA, J. H.; CAMMAROTA, M. Different molecular cascades in different sites of the brain control memory consolidation. **Trends In Neurosciences**; 496-515, 2006.

LAVENEX, P.; LAVENEX, P.B.; AMARAL, D.G. Postnatal development of the primate hippocampal formation. Developmental Neuroscience, v. 29, p. 179 – 192, 2007.

LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa. 2006.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Revisão: Antioxidantes Naturais da Família Lamiaceae - Aplicação em Produtos Alimentícios, **Brazilian Journal Food Technology,** v. 10, n. 2, p. 96-103, 2007.

MATTHIENSEN, A. ; BREDA, M. ; NONNENMACHER, J. L. ; MICHELON, W.; **ROMAN, S. S.** ; ZANIN, E. M. ; DIEFENTHAELER, H. S. ; CANSIAN, R. L. ; PEREIRA, A. A. M. ; SILVA, M. B. . Avaliação da Composição Celular e da Toxicidade Aguda e Subcrônica de Material Algáceo Produzido com Efluentes da Suinocultura. 2017.

MIRANDA, M.S.; CINTRA, R.G.; BARROS, S.B.M.; MANCINI-FILHO, J. **Antioxidant activity of the microalga Spirulina máxima.** Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v. 31, p. 1075-1079, 1998.

MORAIS, M. G. de; COSTA, J. A. V. **Perfil de ácidos graxos de microalgas cultivadas com dióxido de carbono**. Ciência Agronômica, v.32, n. 4, 2008.

NASCIMENTO R. C. **Cultivo de microalgas em fotobiorreatores de placas planas para a produção de biomassa e biorremediação de efluente da agroindústria de óleo de palma**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal.** Editora Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 6a. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. 2001, 906 p.

SANTANA, H. **Isolamento, seleção e caracterização de microalgas com alta produtividade de biomassa em meio de cultivo a base de vinhaça e CO2.** Dissertação (Mestrado) —Instituto Multidisciplinar em Saúde– Universidade Federal da Bahia, Vitória da Conquista, 2016 .

## 7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O (s) autor (es) é (são) o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SONO EM PACIENTES COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (DRC).

**Mirian T. Trevisan**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
mirian_tais@hotmail.com

**Fernanda D. Camera**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
ferdalmaso@hotmail.com

**Fernanda D. Andrade**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
nandaandrade1705@hotmail.com

**Ana L. B. C. Morsch**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
analuepm@yahoo.com

**Miriam S. W. Wisnievski**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil
msalete@uri.com.br

**Mari L. Sbardelotto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil
mari@uri.com.br

***Resumo.*** *A doença renal crônica (DRC) é descrita como uma lesão renal que se caracteriza por alterações estruturais ou funcionais dos rins, podendo modificar ou não a taxa de filtração glomerular. O termo qualidade de vida é amplo e abrange diversos aspectos, físico, psicológico, social e ambiental. A qualidade do sono é um dos aspectos que se modificam nesta doença. A prevalência de distúrbios do sono entre pacientes com DRC é de 40 a 80%, superior à população geral. Este estudo é do tipo transversal, quantitativo e qualitativo, envolvendo 10 pacientes com DRC em um programa regular de hemodiálise. A população total até o momento do estudo foi de 92 pacientes. A amostra foi composta por 10 participantes 10,8% da população total, sendo 4 (40%) do sexo feminino e 6 (60%) do sexo masculino com idade média de 52,9 anos. No escore total do questionário, 40% da amostra apresentou pontuação acima de 10, caracterizando presença de distúrbio do sono. Metade da amostra, ou seja, 50% apresentou qualidade do sono ruim, enquanto apenas 10% apresentou boa qualidade do sono. Quanto a ESE apenas 10% dos 40% que apresentaram distúrbio do sono apresentou relação com o PSQI, demostrando que, o fato de uma noite mal dormida, pode afetar na realização das atividades durante o dia, pelo estado de sonolência em que apresenta. Este estudo observou, por meio de análise qualitativa subjetiva (PSQI), que pacientes submetidos à hemodiálise apresentam má qualidade do sono, prejudicando ainda mais o quadro clínico da doença renal.*

***Palavras- chaves:*** *Insuficiência Renal Crônica; Qualidade de vida; Sono; Sonolência; Hemodiálise.*

## 1. INTRODUÇÃO

A doença renal crônica (DRC) é descrita como uma lesão renal que se caracteriza por alterações estruturais ou funcionais dos rins, podendo modificar ou não a taxa de filtração glomerular (SOARES et al., 2017.; LIRA et al., 2015). Atualmente a DRC é considerada um problema de saúde pública. As taxas de incidência e prevalência no Brasil crescem de forma acelerada e o número de portadores aumenta de forma global (PREIRA et al., 2016). A preocupação dos órgãos governamentais está nos custos elevados para manter pacientes em tratamento renal substitutivo, gastos com procedimentos de hemodiálise e diálise peritoneal que em 2012 chegaram a 2 bilhões de reais (SOARES et al., 2017).

Além de ser considerado um problema de saúde pública, a DRC acarreta muitas mudanças na vida e na rotina desses pacientes, criando limitações nas atividades de vida diária e na funcionalidade além de gerar grande impacto emocional, alterando assim a qualidade de vida (QV) (SANTOS et al., 2015.; OLIVEIRA et al.,2016).

O termo qualidade de vida é amplo e abrange diversos aspectos, físico, psicológico, social e ambiental. Qualidade de vida é a capacidade do individuo estar em bem-estar físico, psíquico e social e não somente em ausência de doença e enfermidade (OLIVEIRA et al.,2016).

A qualidade do sono é um dos aspectos que se modificam nesta doença, A prevalência de distúrbios do sono entre pacientes com DRC é de 40 a 80%, superior à população geral (FONSECA et al., 2016). Embora as alterações do sono tenham sido bastante estudadas nas doenças cardiovasculares e metabólicas, sua associação com doença renal crônica não está totalmente clara (MC MULLAN et al., 2016). O processo de obstrução intermitente e repetida das vias aéreas superiores é conhecido como Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono (SAOS). Várias pesquisas têm sido realizadas sobre a associação entre SAOS e DRC. A SAOS foi observada em 65% dos pacientes com DRC e a DRC ocorre em cerca de 18% dos pacientes com SAOS grave (FARGHALY et al, 2017). Diante da forte relação o objetivo do estudo foi analisar e quantificar a presença da alteração do sono em pacientes com DRC.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo é do tipo transversal, quantitativo e qualitativo, envolvendo 10 pacientes com DRC em um programa regular de hemodiálise. A população até o momento do estudo foi de 92 pacientes. A amostra foi composta por 10 participantes 10,8% da população total, sendo 4 (40%) do sexo feminino e 6 (60%) do sexo masculino com idade média de 52,9 anos. Foram incluídos pacientes acima de 18 anos, que aceitassem responder ao Questionário de Sono de Pittsburgh (PSQI) e a Escala de Sonolência de Epworth (ESE). Foram excluídos do estudo aqueles que não aceitassem ou que não tivessem condição cognitiva para responder ao PSQI e a ESE.

O PSQI foi elaborado e desenvolvido em 1989 por Buysse et al, com o objetivo de avaliar a qualidade do sono em relação ao último mês. É importante observar deste questionário a combinação da informação quantitativa e qualitativa sobre o sono que ele fornece. O instrumento é constituído por 19 questões em auto relato e cinco questões direcionadas ao acompanhante de quarto ou cônjuge, estas cinco últimas questões são utilizadas apenas para a pratica clínica, portanto não contribuem para a pontuação total do índice. As 19 questões são divididas em sete componentes, graduados em escores de zero (nenhuma dificuldade) a três (dificuldade grave). Os componentes do PSQI são: C1: qualidade subjetiva do sono; C2: latência do sono; C3: duração do sono; C4: eficiência habitual do sono; C5: alterações do sono; C6: uso de medicamentos para dormir; C7: disfunção diurna do sono. A soma dos escores varia de zero a vinte, quando mais próximo de vinte indica pior qualidade do sono (ARAÚJO et al., 2015).

A Escala de Sonolência de Epworth (ESE) é composta por oito questões que descrevem situações diárias que podem levar a sonolência. As situações são: sentado e lendo; assistindo televisão; sentado, quieto, em um lugar público (por exemplo em um teatro, reunião ou palestra); andando de carro por uma hora sem parar, como passageiro, sem parar; ao deitar-se à tarde para descansar, quando possível; sentado e conversando com alguém; sentado após o almoço, sem ingestão de bebida alcoólica; em um carro parado por alguns minutos no trânsito. Cada item possui uma escala de 0 (sem chance) a 3 (grande chance), sendo que, os escores acima de 10, interferem de forma significativa na sonolência diurna e, acima de 15, estão associados a sonolência (DA CRUZ et al., 2017).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra foi composta por 10 pacientes, sendo 6 (60%) do sexo masculino e 4 (40%) do sexo feminino, com idade média de 52,9 anos (Figura 1). O escore total do PSQI apresentou variação entre 4 e 14.

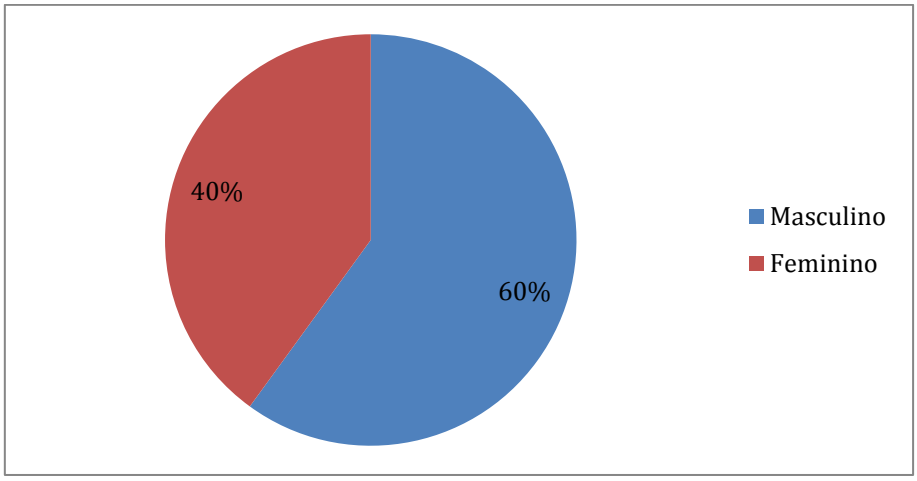



Figura 1 – Variável relacionada ao gênero

O presente estudo está em concordância com a pesquisa realizado por Santos, et al, que identificou em sua amostra maior predominância do sexo masculino em tratamento hemodialítico.

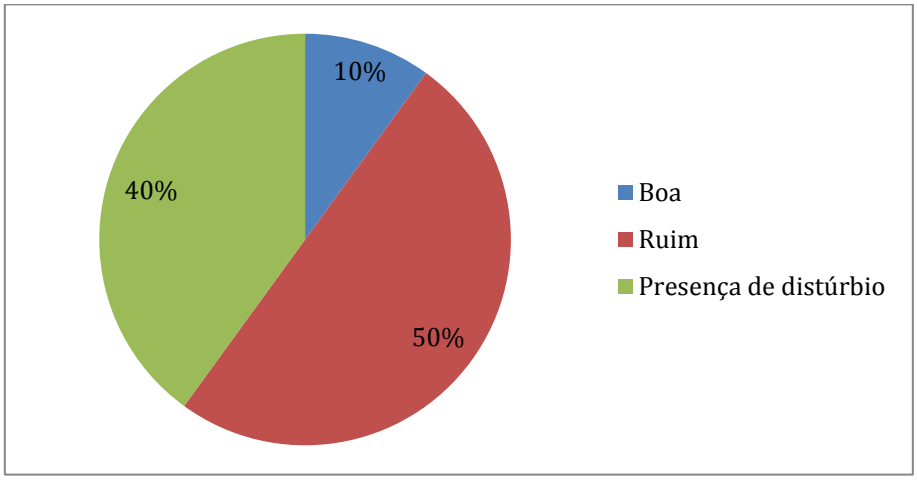



Figura 2 – Variáveis relacionadas à qualidade do sono e a presença de distúrbio

No escore total do questionário 40% da amostra apresentou pontuação acima de 10, caracterizando presença de distúrbio do sono. Metade da amostra, ou seja, 50% apresentou qualidade do sono ruim, enquanto apenas 10% apresentou boa qualidade do sono (Figura 2) Quanto a ESE apenas 10% dos 40% que apresentaram distúrbio do sono apresentou relação com o PSQI, demostrando que, o fato de uma noite mal dormida, pode afetar na realização das atividades durante o dia, pelo estado de sonolência em que apresenta. Porém os 10% da amostra que apresentou boa qualidade do sono no PSQI, na ESE o escore foi de 21 pontos caracterizando extrema sonolência.

Os escores de cada componente. Referente ao C1: Qualidade subjetiva do sono: 10% apresentou muito boa qualidade do sono, 60% apresentaram boa qualidade subjetiva do sono enquanto 30% apresentaram qualidade do sono ruim; C2: Latência do sono: 40% apresentaram latência do sono normal; C3: Duração do sono: A maioria da amostra (70%) apresentou duração de sono ideal, porém no C4 que avalia eficiência do sono também 70% apresentou má eficiência, o que indica que mesmo tendo uma duração de sono boa não significa que esse sono seja eficiente; C5: Distúrbio do sono: grande parte apresentou distúrbio leve a moderado. C6: Uso de medicação para dormir: Metade da amostra (50%) não tomava medicação para dormir, enquanto 30% tomavam 3 vezes ou mais na semana e 10% tomavam menos de 1 vez na semana.

É possível perceber que em termos descritivos este estudo corrobora com relatos frequentes na literatura de que pacientes em hemodiálise apresentam má qualidade do sono (ALLEMAND et al., 2017). No mesmo estudo realizado em 2017 por Allemand, et al, demonstrou que os escores do PSQI estavam elevados em quase 60% da amostra. A fragmentação do sono e a privação de sono podem contribuir para complicações e infecções cardiovasculares, que frequentemente tem prognóstico ruim em pacientes submetidos à HD. Segundo a literatura, pacientes em HD apresentam pior qualidade de sono quando comparados à população em geral (FONSECA et al., 2016).

A má qualidade do sono não é incomum nos pacientes em HD, com prevalência em torno de 41%-83%. A literatura descreve que essa condição é mais frequentemente associada ao gênero feminino e a idade avançada, sendo assim, o presente estudo diverge do que está descrito na literatura já que a média de idade da amostra foi 52,9 anos e a prevalência é masculina (HUANG et al., 2015).

A relação entre distúrbios do sono e outras doenças tem sido enfatizada nos últimos anos, particularmente em relação à apneia obstrutiva do sono (AOS) e insônia. Os distúrbios do sono são classificados em categorias principais, como insônia, distúrbios respiratórios relacionados ao sono, distúrbios do movimento relacionados ao sono e outros distúrbios do sono. Pesquisas sobre distúrbios do sono focaram principalmente na AOS (FUKUSHIMA et al., 2016).

A AOS está associada à hipoxemia e à fragmentação do sono, que ativam as atividades simpáticas, o sistema renina-angiotensina-aldosterona e a disfunção endotelial, predispondo os pacientes a danos renais (FUKUSHIMA et al., 2016).

## 4. CONCLUSÃO

Este estudo observou, por meio de análise qualitativa subjetiva (PSQI), que pacientes submetidos à hemodiálise apresentam má qualidade do sono, prejudicando ainda mais o quadro clínico da doença renal.
Nota-se a necessidade de mais estudos que investiguem os fatores que podem interferir no sono, buscando soluções e podendo colaborar de forma positiva na qualidade do sono desses indivíduos.

## 5. REFERÊNCIAS

ALLEMAND, L. D. S. et al. Perfil do sono de pacientes idosos submetidos à hemodiálise. Geriatrics Gerontology Aging, v. 11, n. 1, p. 32-36, 2017.

ARAÚJO. P, A, B. et al. Índice da qualidade do sono de pittsburgh para uso na reabilitação cardiopulmonar e metabólica. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 21, n. 6, p. 472-475, 2015.

DA CRUZ, A. R. et al. Percepção de qualidade de sono e de vida em atletas paralímpicos: comparação entre atletas com deficiência física e visual. Journal of Physical Education, v. 28, p. 1-8, 2017.

EINOLLAHI, B. et al. Sleep Quality Among Iranian Hemodialysis Patients: A Multicenter Study. Nephro-urology Monthly, v. 7, n. 4, p. 1-7, 2015.

FARGHALY, S. et al. Early markers of renal damage in obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) patients with or without diabetes mellitus. Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis, v. 66, n. 4. P. 645-649, 2017.

FONSECA, N, T. et al. A systematic review of sleep disorders in patients with chronic kidney disease undergoing hemodialysis. Journal of Physical Therapy Science, v. 28, n. 7, p. 2164–2170, 2016.

FUKUSHIMA, R. L. M. Fatores associados à qualidade de vida de pacientes renais crônicos em hemodiálise. Acta Paulista de Enfermagem, v. 29, n. 5, p. 518-524, 2016.

GONÇALVES, F. A. et al. Qualidade de vida de pacientes renais crônicos e hemodiálise ou diálise peritoneal: estudo comparativo em um serviço de referência de Curitiba – PR. Jornal Brasileiro de Nefrologia, v. 37, n. 4, p. 467-474, 2015.

HUANG, S. et al. Nonapnea Sleep disorders and incident chronic kidney disease - A Population-Based Retrospective Cohort Study. Journal Medicine, v. 94, n. 4. P. 1-7, 2015.

LIRA, C. L. O. B.; AVELAR, T. C.; BUENO, J. M. M. H. Coping e qualidade de vida de pacientes em hemodiálise. Revista de Estudos Interdisciplinares em Psicologia, v. 6, n. 1, p. 82-99, 2015.

MC MULLAN, C. J.; CURHAN, G. C.; FORMAN, J. P. Association of short sleep duration and rapid decline in renal function. Journal of Clinical Investigation, v. 89, n. 6, p. 1324-1330, 2016.

OLIVEIRA, A. P. B. et al. Qualidade de vida de pacientes em hemodiálise e sua relação com mortalidade, hospitalizações e má adesão ao tratamento. Jornal Brasileiro de Nefrologia, v. 38, n. 4, p. 411-420, 2016.

PEREIRA, E. R. S. et al. Prevalência de doença renal crônica em adultos atendidos na Estratégia de Saúde da Família. Jornal Brasileiro de Nefrologia, v. 38, n. 1, p. 22-30, 2016.

SANTOS, R. R. et al. Qualidade de vida de pacientes com insuficiência renal crônica sob tratamento hemodialítico. Revista Interdisciplinar, v. 8, n. 3. p. 83-92, 2015.

SOARES, F. C. et al. Prevalência de hipertensão arterial e diabetes mellitus em portadores de doença renal crônica em tratamento conservador do serviço ubaense de nefrologia. Revista Científica FAGOC – Saúde, v. 2, p. 21-26, 2017.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Trevisan, M. T. Camera, F. Andrade, F. Morsch. A. B. C. Wisnievski, M. S. W. Sbardelotto. M. L.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# A INCLUSÃO DE INDIVÍDUOS COM DEFICIÊNCIA NO MERCADO DE TRABALHO E A RELAÇÃO COM A SUA QUALIDADE DE VIDA

**Mirian T. Trevisan**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
mirian_tais@hotmail.com

**Karine A. Malisz**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
karimalysz@hotmail.com

**Marcela Smaniotto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
marcelasmaniotto@hotmail.com

**Ana L. B. C. Morsch**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil.
analuepm@yahoo.com

**Márcia B. Castro**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil
mbairros@uricer.edu.com

**Mari L. Sbardelotto**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim.Av.sete de setembro, 1621, Erechim-RS, Brasil
mari@uri.com.br

***Resumo.*** *A inclusão do deficiente no mercado de trabalho possibilita a aquisição da confiança, autoestima e autonomia do indivíduo e, oportuniza a sua inserção/reinserção na sociedade. Visando a facilitação desta prática, políticas públicas foram criadas para promover e garantir condições de acesso, qualidade de vida e a permanência no setor empregatício. Assim, esse estudo teve como objetivo verificar a influência da inserção no mercado de trabalho sobre a qualidade de vida de indivíduos com deficiência. A população foi constituída por 35 deficientes compondo dois grupos, o grupo incluído no mercado de trabalho (grupo A, n=19) e o grupo não incluído no mercado de trabalho (grupo B, n=16). Foram utilizados o Índice de Qualidade de Vida (Ferrans/Powers) para os grupos e o questionário de Satisfação no Trabalho (S20/23) para o grupo A. Os resultados obtidos para o grupo A foram significativos no domínio saúde (p=0,033) e socioeconômico (p=0,035), com qualidade de vida regular e parcial satisfação no trabalho. A qualidade de vida revelou-se ruim no grupo B. Conclui-se que é necessário uma maior conscientização e envolvimento contextual visando preparar, incentivar e auxiliar o deficiente a ingressar e permanecer no mercado de trabalho.*

***Palavras- chaves:*** *Qualidade de vida. Deficiente. Mercado de trabalho.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo os dados obtidos no Censo Demográfico de 2010, aproximadamente 23% da população brasileira declara ter pelo menos uma deficiência instalada (SECRETARIA DOS DIREITOS HUMANOS, 2012) tornando-se fundamental a criação de políticas públicas visando a inclusão desses no mercado de trabalho, contribuindo para o desenvolvimento pessoal e da economia da sociedade em que está inserido (SECRETARIA DOS DIREITOS HUMANOS, 2012).

Visando essa inclusão, surgiu a Lei de Cotas estabelecendo que as empresas com mais de 100 funcionários precisam destinar de 2% a 5% de suas vagas para deficientes (SECRETARIA DOS DIREITOS HUMANOS, 2012). Golin (2003) ressalta a importância da inclusão para deficiente no mercado de trabalho pois ela proporciona a aquisição da confiança, autoestima e autonomia do indivíduo.

Os dados referentes à Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de 2014 apontam que a participação de pessoas com deficiência no mercado de trabalho aumentou 6,57% no ano de 2014 (PORTAL BRASIL, 2015). Para Oliveira, Araújo e Romagnoli (2006) o termo emprego vai além da aquisição salarial, ele promove a valorização pessoal, a conquista do direito de trabalhar, a identidade social e a ampliação de seus relacionamentos interpessoais.

No entanto, é fundamental a adequação e preparação do ambiente na empresa para a recepção desses, favorecendo sua permanência no mercado de trabalho, porque segundo Clemente e Shimono (2015), durante o ano de 2013, o índice de desligamento de trabalhadores com deficiência no Brasil atingiu aproximadamente 87,8%.

Devido à importância do trabalho para o indivíduo com deficiência e a relativa escassez de pesquisas na área, o presente estudo justificou-se por pretender verificar a influência da inclusão no mercado de trabalho sobre a qualidade de vida do indivíduo com deficiência, além de delinear o perfil sócio demográfico do deficiente incluído e não incluído no mercado de trabalho e analisar a satisfação no trabalho do deficiente incluído, afim de identificar a relação entre o deficiente e o setor empregatício, gerando dados que possam favorecer a permanência laboral destes indivíduos.

## 2. METODOLOGIA

O presente estudo caracterizou-se como estudo investigativo e comparativo de caráter quantitativo realizado na Associação dos Deficientes Físicos do Alto Uruguai (ADAU - Erechim), Associação Aquarela Pró-Autista de Erechim, Associação dos Deficientes Visuais de Erechim (ADEVE), Associação dos Pais e Amigos dos Deficientes Auditivos (APADA – Erechim) e Associação dos Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE – Erechim).

A população deste estudo foi composta por indivíduos com deficiêcias motoras, sensoriais e intelectuais, residentes na cidade de Erechim, maiores de 18 anos, possuindo ou não vínculo empregatício e com pontuação superior a 15 pontos no Mini Exame do Estado Mental. A amostra foi composta por 35 deficientes, de ambos os sexos, maiores de 18 anos, residentes do municipio de Erechim e com pontuação superior a 15 pontos no Mini Exame do Estado Mental. O grupo incluído no mercado de trabalho constituiu-se de 19 participantes e foi denominado como grupo A, já o grupo não incluído constituiu-se de 16 participantes e foi denominado como grupo B.

Para compor o grupo A foi necessário que o participante apresentasse vínculo empregatício superior a três meses; idade superior a 18 anos; assinar o termo de conssentimento livre e esclarecido (TCLE). Já para o grupo B, o participante não poderia apresentar nenhum vínculo empregatício além de possuir idade superior a 18 anos e assinar o TCLE. Foram considerados critérios de exclusão os critérios contrários aos de inclusão.

O projeto foi encaminhado ao Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI/Campus Erechim onde foi aprovado com CAAE: 59371616.8.0000.5351.

Foram contatados os deficientes das associações, explicando os procedimentos da pesquisa e com o aceite, os participantes ou pais e responsáveis assinaram o TCLE. Na sequência ocorreu a aplicação de uma ficha de avaliação pela aluna pesquisadora. A ficha de avaliação e o questionário para avaliar a qualidade de vida foram aplicados para ambos o grupos e o questionário para avaliar a satisfação no trabalho foi aplicado apenas para o grupo A. A qualidade de vida foi avaliada pelo Índice de Qualidade de vida de Ferrans e Powers (1985) e a satisfação no trabalho pelo Questionário de Satisfação no Trabalho (S20/23) de Meliá e Peiró.

Considerando-se grupos com necessidades especiais, o questionário foi lido e respondido pela própria pesquisadora e de forma individual. As entrevistas foram realizadas em salas disponibilizadas pelas instituições parceiras e cada participante teve até 30 minutos para responder os questionários.

Os dados foram analisados por estatística descritiva, utilizando-se o Teste T de Student para amostras independentes, considerando-se $p \leq 0,05$. O software utilizado foi o BioEstat 5.0.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Benefício de Prestação Continuada (BPC) previsto no art. 20 da Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993, é considerado uma política pública de combate às desigualdades, contemplando pessoas pobres e com deficiência e idosos acima de 65 anos, com uma renda equivalente a um salário mínimo (REGULAMENTO DO BENEFÍCIO DE PRESTAÇÃO CONTINUADA, 2007). Para Diniz, Squinca e Medeiros (2007) o critério de possuir incapacidade para o trabalho é uma das grandes controvérsias para a concessão, pois determinar o que seja essa incapacidade não é uma tarefa simples, o que acaba por restringir o acesso de pessoas deficientes ao direito social. Ainda, Santos (2011) esclarece que determinados tipos de deficiências não são totalmente incapacitantes para o trabalho. No entanto, as limitações de determinadas habilidades associadas a não adaptação do ambiente para receber o indivíduo com deficiência acaba limitando o acesso e permanência no setor empregatício assim, o que poderá acarretar no impedimento da promoção da autonomia, independência financeira e social dessas pessoas.

Durante a realização do nosso estudo pode-se perceber, principalmente quando questionado sobre o motivo de não possuir vínculo empregatício (figura 1), que os indivíduos ainda não apresentam uma boa compreensão dos seus direitos, principalmente sobre a concessão do BPC. A entrada do indivíduo com deficiência no mercado de trabalho acarreta na cessação do benefício, entretanto, segundo o Art. 25 do Decreto nº 6.214, de 26 de setembro de 2007 a sua cessação não impede a nova concessão do benefício, desde que sejam preenchidos os requisitos solicitados (REGULAMENTO DO BENEFÍCIO DE PRESTAÇÃO CONTINUADA, 2007). Assim, deve-se sim incentivar a sua ida ao mercado de trabalho para que se possa proporcionar todos os benefícios que a inclusão oferece.

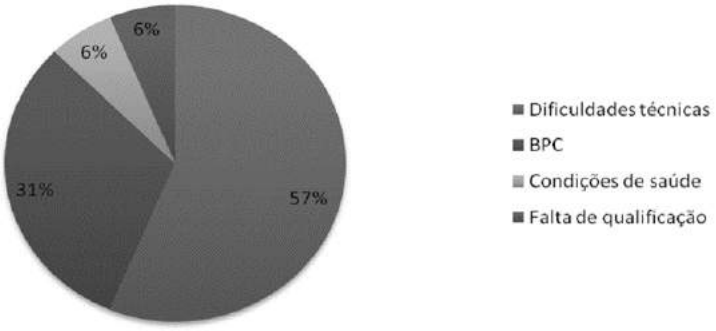



**Figura 1** - Motivos pelos quais os indivíduos com deficiência não estão incluídos no mercado de trabalho.

Sabe-se que apenas inserir o indivíduo no mercado de trabalho não é o suficiente. É necessário criar estratégias diferenciadas para adaptações do meio (VELTRONE, ALMEIDA, 2010). Para Prandi et al. (2015) um dos momentos mais difíceis dessa tarefa é a decisão da empresa de realizar um trabalho de responsabilidade social que seja transformador e que envolva todos os aspectos que convergem para a verdadeira inclusão.

Quanto aos aspectos que interferem no processo de inclusão, os autores Philereno et al. (2015) e Silva e Furtado (2013) pontuam a necessidade da sensibilização dos empregadores e, não somente, o cumprimento legal das leis porque assim, estarão investindo em melhores condições físicas e sociais para esses trabalhadores. Cita-se a capacitação profissional como um dos principais investimentos, o que requer uma intervenção multidisciplinar visando a educação, reabilitação e capacitação profissional do indivíduo com deficiência (PRANDI et al., 2015).

Assim, Cardoso e Kern (2016) puderam concluir que somente através da educação, da profissionalização e do encaminhamento das pessoas com deficiência ao mercado de trabalho gera-se a inclusão social e a construção da cidadania. Entretanto, segundo Costa et al. (2016) e Renner, Schaan e Boessio (2016), é necessário que as empresas estejam preparadas arquitetonicamente e ergonomicamente para recebê-los. Ainda, Sassaki (2007) defende que é necessária a avaliação das competências e habilidades de cada indivíduo, a fim de verificar qual a melhor tarefa laboral a ser executada para obtenção do sucesso na inserção desse.

É através da análise ergonômica que se criam projetos de ambientes e postos de trabalho ajustados as capacidades e limitações dos indivíduos com deficiência, visando à acessibilidade, design universal, adaptação de estruturas físicas, de ferramentas do posto de trabalho e de sistemas organizacionais (CABRAL, 2008). Assim, OIT (1997) conclui que os principais objetivos dessa adaptação são: a criação de condições seguras de trabalho, não colocando em risco a si mesmo ou a outros; a prevenção de desvantagens ocupacionais, do agravamento da incapacidade ou da deficiência existente.

Tem-se como pressuposto que a inclusão está estritamente vinculada à interação, e que esta favorece o convívio da pessoa com deficiência com seus pares não deficientes nos diversos segmentos da comunidade assim, mais objetivamente, pode-se dizer que a qualidade de vida no trabalho, é a humanização desse (COUTINHO et al., 2017). Para Lopes (2013) as pesquisas envolvendo qualidade de vida e satisfação no trabalho de pessoas com deficiência, são importantes critérios para verificar se as políticas de inclusão estão impactando positivamente em suas condições de vida e de trabalho.

Quando avaliada a qualidade de vida de ambos os grupos do nosso estudo, e comparado os resultados, obtivemos resultado estatisticamente significativo da qualidade de vida média com p=0,038 no grupo A (figura 2). A literatura enfatiza que a aquisição de um emprego pressupõe uma melhor qualidade de vida, pois contribui para uma melhoria dos resultados pessoais em diversas dimensões da vida, como: desenvolvimento pessoal, autodeterminação, relações interpessoais, inclusão social, direitos, bem-estar emocional, bem-estar físico e bem-estar material (SIMÕES; SANTOS, 2016). Quanto à classificação dos escores, definida por Yamada (2001), o grupo A apresenta qualidade de vida regular, e o grupo B, qualidade de vida ruim.

.

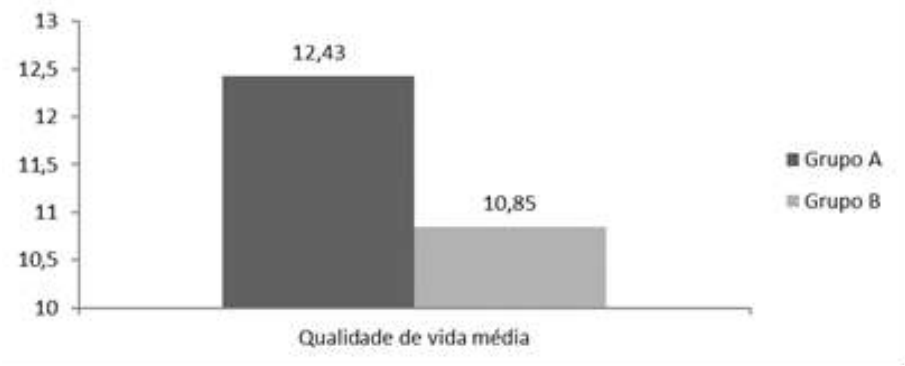



**Figura 2** - Comparação da qualidade de vida média do grupo incluído e do grupo não incluído no mercado de trabalho na cidade de Erechim, RS.

Um estudo realizado por Eklund (2009) cita que aqueles que trabalham, relatam melhor satisfação com a qualidade de vida quando comparados aqueles que não apresentam nenhuma atividade laboral. Em outro estudo semelhante, Cazini (2013), também apresentou resultados indicando satisfação dos participantes empregados quanto ao salário e aos benefícios (assistência à saúde e auxilio alimentação) que as empresas ofereciam. Corroborando com a literatura, nosso estudo obteve escores maiores em todos os domínios, porém, apenas os domínios saúde e socio econômico apresentaram resultados estatisticamente significativos, p=0,033 e p=0,035 respectivamente (figura 3).

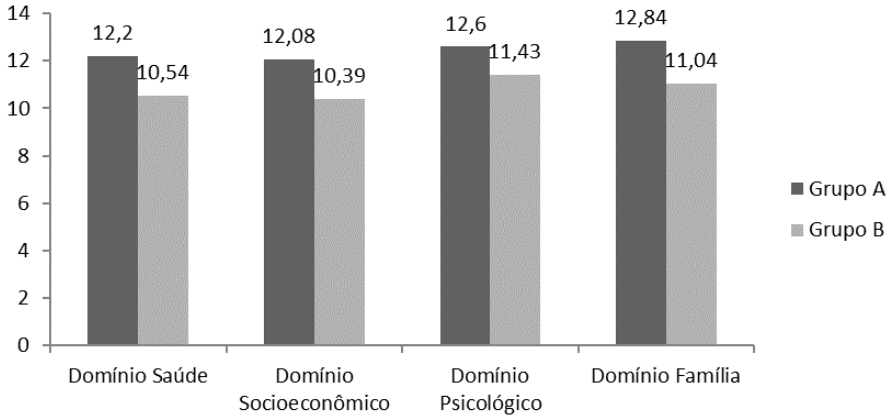



**Figura 3-** Resultados dos domínios avaliados pelo Questionário Ferrans e Powers nos indivíduos incluídos e não incluídos no mercado de trabalho na cidade de Erechim, RS.

Dentre as diversas variáveis que influenciam tanto positivamente como negativamente a qualidade de vida dos indivíduos deficientes empregados, o mais referido é o salário. De um lado, o trabalho tem importante repercussão na vida de todos os indivíduos e é considerado como atividade fundamental para a realização pessoal, desenvolvimento da autoestima, interação social, sentimento de pertinência e capacidade, bem como construção de identidade e autonomia. Mas ao mesmo tempo, os indivíduos com deficiência acabam recebendo valores menores em relação às pessoas sem deficiência, levando a condições de trabalho desfavoráveis e rendimentos baixos (RIBEIRO et al. 2014).

Com relação à satisfação no trabalho, obtivemos escore de 4,3 pontos, oscilando entre 3,35 e 5,00 pontos, considerado “parcial satisfação” no trabalho. Frente aos motivos que explicam essa baixa satisfação, cita-se a ascensão profissional, pois, a literatura aponta que a maioria dos trabalhadores com deficiência desempenham funções operacionais e raramente ocupam cargos mais elevados. Esse fato ocorre, principalmente, devido à falta de investimentos na capacitação profissional, à falta de confiança dos empregadores na designação de cargos de liderança, à falta de acesso à educação e, ao ambiente de trabalho, concluindo-se que a qualificação/capacitação profissional seja o caminho para a inclusão e a ascensão na função (COUTINHO et al., 2017; RIBEIRO et al., 2014; LEONARDI et al., 2012).

## 4. CONCLUSÃO

Quanto aos resultados encontrados, podemos concluir que os indivíduos incluídos no mercado de trabalho apresentam uma melhor qualidade de vida do que os indivíduos que não estão incluídos. Entretanto, essa inclusão ainda não reflete resultados satisfatórios na qualidade de vida, o que pode estar relacionado ao baixo nível de escolarização e, consequentemente, de capacitação profissional independentemente do tipo de deficiência.

Assim, torna-se necessário uma maior conscientização e envolvimento de todas as áreas visando reabilitar, preparar, incentivar e auxiliar o indivíduo com deficiência, para que ocorra a inclusão social, a permanência na atividade laboral e no mercado laboral. Também se sugere que estudos com amostras maiores sejam realizados como forma de extrapolar os resultados.

## 5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. P.; SCHMIDT, A. A. inclusão de pessoas com necessidades especiais no trabalho: a visão de empresas e de instituições educacionais especiais na cidade de Curitiba. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 12, n. 2, p. 241-254, 2006.

BALDWIN, S.; COSTLEY, D.; WARREN, A. Employment Activities and Experiences of Adults with High-Functioning Autism and Asperger's Disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v.44, p.2440–2449, 2014.

CABRAL, A. K. P. S. **Ergonomia e a Inclusão de Pessoas com Deficiência no mercado de trabalho:** um levantamento do estado da arte com ênfase nos métodos e técnicas utilizados pra a (re) inserção profissional. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

CARDOSO, K. L.; KERN, C. A. R. Capacitação da pessoa com deficiência intelectual ao mercado de trabalho numa APAE do sul de Santa Catarina. **Revista De Ciências Humanas**, v. 50, n. 2, p. 437-458, 2016.

CARLOTO, M. S., CÂMARA, S. G. Propriedades psicométricas do Questionário de Satisfação no Trabalho (S20/23). **Psico- USF**, v. 13, n.2, 2008.

CAZINI, J. **Qualidade de vida no trabalho de pessoa com deficiência:** um estudo de múltiplos casos no setor industrial da cidade de Ponta Grossa. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

CLEMENTE, C. A., SHIMONO, S. O. **O trabalho de pessoas com deficiência e a Lei de Cotas:** Invisibilidade, resistência e qualidade de inclusão. São Paulo: Edição dos Autores, 2015.

COSTA, G.F. et al. Pessoa com deficiência: sua inclusão no mercado de trabalho. **Revista Nanbiquara**, v. 3, 2016.

COUTINHO, B.G. et al. Qualidade de vida no trabalho de pessoas com deficiência física. **Revista Trabalho, Educação e Saúde**, v. 15 n. 2, p. 561-573, 2017.

DINIZ, D.; SQUINCA, F.; MEDEIROS, M. Qual deficiência? Perícia médica e assistência social no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, n. 11, p. 2589- 2596, 2007.

EKLUND, M. Work status, daily activities and quality of life among people with severe mental illness. **Quality of Life Research,** v. 18, p.163–170, 2009.

GARCIA, V. G.; MAIA, A. G. Características da participação das pessoas com deficiência e/ou limitação funcional no mercado de trabalho brasileiro. **Revista Brasileira de Estudos de População**. v. 31, n.2, p. 395-418, 2014.

GOLIN, A.F. **O trabalhador portador de deficiência visual:** um estudo de caso. 2003. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

KRYSTA, J. et al. Development of vocational training systems for patients with intellectual disability in Poland. **Psychiatria Danubina**, v. 27, p. 401–407, 2015.

LANCILLOTTI, S. S. P. **Deficiência e trabalho:** redimensionando o singular no contexto universal. Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

LEONARDI, M. et al. A Population Survey in Italy Based on the ICF Classification: Recognizing Persons with Severe Disability. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 0-9, 2012.

LOPES, S. M. **Qualidade de vida e Satisfação no Trabalho:** Percepções das pessoas com deficiência inclusas no mercado de trabalho. 2013. Dissertação (Mestrado em Distúrbios do Desenvolvimento) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2013.

MOSIA, P.A., PHASHA, N. Access to curriculum for students with disabilities at higher education institutions: How does the National University of Lesotho fare?. **Journal of Disability**, v.6, 2017.

OIT – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Adaptação de ocupações e o Emprego do Portador de Deficiência.** Brasília: CORDE, 1997

OLIVEIRA, J. M.; ARAUJO, J. N. G.; ROMAGNOLI, R. C. Dificuldades relativas à inclusão social das pessoas com deficiência no mercado do trabalho. **Latin American Journal of Fundamental Psychopathology Online**, v.6, n. 1, p. 77-89, 2006.

PEREIRA, A. C. R., PINHEIRO, S.S. Fatores associados à chance de estar no mercado de trabalho: brasileiros com e sem deficiência no ano de 2010. In: VII Congresso da Associação Latino-Americana de População (ALAP) e o XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais (ABEP), 2016, Foz do Iguaçu **. Anais do XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, Foz do Iguaçu, 2016, p.1-21.

PHILERENO, D. C. et al. Qualificação das pessoas com deficiência para o mercado de trabalho: um estudo de caso em Caxias do Sul – RS. **Revista Estudo & Debate**, v. 22, n. 1, p. 160-179, 2015.

PORTAL BRASIL. Número de trabalhadores com deficiência cresce no mercado. 2015. **Disponível em:** <(http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2015/09/numero-de-trabalhadores-com-deficiencia-cresce-no-mercado)>. Acesso em: 31 de maio de 2016.

PRANDI, L. R. et al. Inclusão social: os estigmas sociais mediante a profissionalização e a inserção da pessoa com deficiência no mercado de trabalho**. Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR**, v. 16, n. 1, p. 87-112, 2015

REGULAMENTO DO BENEFÍCIO DE PRESTAÇÃO CONTINUADA. **Decreto nº 6.214, de 26 de setembro de 2007. Disponível em: <(** http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6214.htm)**>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.**

RENNER, J.S.; SCHAAN, S.P, BOESSIO, A.T. inclusão de pessoas com deficiência no trabalho: a visão dos gestores de uma indústria calçadista. **Revista Agenda Social**, v.9, n.1, p.122-141, 2016.

RIBEIRO, A. P. et al. Cenário da inserção de pessoas com deficiência no mercado de trabalho: revisão sistemática. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 2, p. 268-276, 2014.

SANTOS, W. R.. Deficiência e BPC: o que muda na vida das pessoas atendidas?. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.16, n.1, p.787-796, 2011.

SASSAKI, R.K. **Inclusão:** Construindo uma sociedade para todos. 7. ed. Rio de Janeiro: WVA, 2007.

SECRETARIA DOS DIREITOS HUMANOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Cartilha do Censo 2010**-Pessoas com Deficiência, 2012. Disponível em: <(http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficienciareduzido.pdf)>. Acesso em: 13 abri. 2016

SHIMONO, S. O. **Educação e trabalho:** caminhos da inclusão na perspectiva da pessoa com deficiência. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2008.

SILVA, G. P. **O significado do trabalho para o deficiente visual.** Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Belo Horizonte, 2007.

SILVA, N. L.; FURTADO, A. V. Inclusão no trabalho: a vivência de pessoas com deficiência intelectual. **Revista Interação em Psicologia**, v. 16, n. 1, 2013.

SIMÕES, C., Santos, S. O Impacto do Emprego na Qualidade de Vida das Pessoas com Dificuldade Intelectual e Desenvolvimento. **Revista Lusófona de Educação**, v.34, p.181-197, 2016.

VELTRONE, A. A.; ALMEIDA, M. A. Perfil da pessoa com deficiência no mercado de trabalho na cidade de São Carlos-SP. **Revista Educação Especial**, v. 23, n. 36, p. 73-89, 2010.

YAMADA, B.F.A. **Qualidade de vida de pessoas com úlceras venosas**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola de Enfermagem USP, São Paulo, 2001.

## 6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Trevisan, M. T. Malisz, K. A. Morsch. A. B. C. Sbardelotto. M. L.Smaniotto. M. Castro. M. B.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RECURSOS FISIOTERAPÊUTICOS USADOS NO TRATAMENTO DO LINFEDEMA PÓS-MASTECTOMIA RADICAL: REVISÃO DE LITERATURA

**Patrícia Paula Bazzanello Henrique**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI/Erechim - Rio Grande do Sul - Brasil
patriciabazzanello@hotmail.com

**Clicia Alves Bieberg**
Centro universitário UNINOVAFAPI/Teresina -Piauí - Brasil
cliciaalvees@hotmail.com

**Liziane das Graças Pagnoncelli Ropelato**
Faculdade de Pato Branco FADEP/Pato Branco-Paraná-Brasil
violetasgeranios@gmail.com

**Priscila Dalla Rosa**
Universidade de Passo Fundo UPF/Passo Fundo- Rio Grande do Sul- Brasil
pdr.priscila@gmail.com

***RESUMO. Introdução:*** *O linfedema é uma complicação frequente pós-mastectomia radical, trazendo muitas limitações funcionais a paciente. A fisioterapia é fundamental no tratamento destas pacientes, e com uma vasta gama de recursos, para isso faz-se necessário eleger quais são os principais para o tratamento desta patologia, a fim de obter resultados mais efetivos na prática clínica.* ***Objetivo:*** *Revisar a literatura buscando responder quais são os recursos fisioterapêuticos mais utilizados no tratamento do linfedema pós-mastectomia.* ***Metodologia:*** *Este artigo trata-se de uma revisão de literatura, feita por meio de uma busca por artigos na SCIELO, Bireme, LILACS, PEDro e PubMed, utilizando as palavras-chaves "linfedema pós-mastectomia" e "linfedema posmastectomia".* ***Resultados:*** *Foram encontrados 49 artigos inicialmente, mas foram incluídos neste estudo apenas 5 artigos, que resultaram em 18 recursos fisioterapêuticos descritos como sendo os mais usados no tratamento do linfedema pós-mastectomia radical.* ***Discussão:*** *Os artigos encontrados são muito escassos quanto à forma de aplicação dos recursos encontrados.* ***Conclusão:*** *Sugere-se novos estudos sobre o tema para a inclusão destes recursos na prática clínica devido à escassez de informações, pois é de vital importância que o fisioterapeuta conheça as técnicas de aplicação de cada recurso.*

*Palavras-chaves: Linfedema 1. Mastectomia 2. Neoplasias da mama 3.*

## 1. INTRODUÇÃO

O câncer de mama é uma doença genética que provoca alterações no DNA do indivíduo de onde vêm a causar alterações malignas no tecido mamário, começando pelas estruturas glandulares e ductos mamários (GUIRRO e GUIRRO, 2004; SPENCE e JHONSTON, 2003).

Pode ocorrer com homens e mulheres, mas no sexo feminino dentre os cânceres é o mais comum, tendo como fatores de risco hábitos de vida como sedentarismo, alcoolismo, histórico familiar positivo, menarca precoce, menopausa tardia e idade, onde mulheres mais velhas possuem maior risco de terem câncer do que mulheres mais jovens (SPENCE e JHONSTON, 2003).

O diagnóstico é feito por meio do autoexame, exame clínico e mamografia. Existem diferentes frentes de tratamento do câncer de mama, o qual é altamente curável quando diagnosticado precocemente e se o mesmo for limitado e diagnosticado *in situ*, porém quando for constatada metástase o tratamento é paliativo (GUIRRO e GUIRRO, 2004).

O tratamento do câncer pode ser feito através de quimioterapia, radioterapia, hormonioterapia, imunoterapia e tratamento cirúrgico. O tratamento cirúrgico, principal procedimento realizado no tratamento do câncer, é constituído de várias técnicas amplamente difundidas, que são quadrantectomia, que consiste na retirada apenas do quadrante mamário

em que está presente o tumor, quimorectomia que consiste na retirada exclusiva do tumor e a técnica mais agressiva, a mastectomia radical (GUIRRO e GUIRRO, 2004).

A mastectomia radical consiste na retirada total da mama e esvaziamento do conteúdo axilar, que são linfonodos axilares, glândulas, conteúdo adiposo e porção muscular conforme o método cirúrgico eleito. Se for o de Patey e Dyson, haverá preservação do músculo peitoral maior, se for o método de Madden, que é o menos agressivo e melhor para a paciente, haverá preservação dos músculos peitorais: maior e menor, portanto maior funcionalidade para o membro, cicatriz mais estética e com melhor prognóstico cirúrgico posterior (GUIRRO e GUIRRO, 2004; ZOLLINGER e ZOLLINGER, 1990).

Durante a cirurgia é colocada uma meia elástica para ajudar a reduzir o grau de linfedema pós-operatório que ocorre frequentemente, o qual gera acúmulo de linfa no espaço intersticial, pois a rede linfática é insuficiente para drenar este líquido intersticial excessivo devido a retirada dos gânglios e rede linfática no processo cirúrgico (ZOLLINGER e ZOLLINGER, 1990; LEDUC e LEDUC, 2000).

O linfedema traz muitas limitações funcionais a paciente, tais como alterações posturais, dor, limitação na amplitude de movimento, encurtamentos e contraturas musculares, limitações das Atividades de Vida Diária (AVD's), fraqueza muscular e comprometimento da coordenação motora. Muitas pacientes acabam por desenvolver alterações no padrão de movimento "compensações" que provocam lesões (GUIRRO e GUIRRO, 2004; HAMILL e KNUTZEN, 2008).

As limitações nos movimentos funcionais ocorrem em todo o membro afetado, mas de modo especial nos movimentos dos dedos. Movimentos mais finos como a pinça, agarrar objetos encontram-se deficitários, a paciente apresenta dificuldade em sustentar e manter um objeto com a mão, a força da garra diminuí consideravelmente, bem como há rigidez secundária dos dedos, além da dificuldade em elevar o ombro, trazendo limitações nas atividades básicas de vida diária tais como higiene, vestuário, alimentação e cuidados pessoais como por exemplo pentear os cabelos. A disfunção agrava-se ainda mais nos casos em que a paciente possuí linfedema bilateral (GUIRRO e GUIRRO, 2004).

Ainda, em razão do acúmulo de linfa (linfedema) o membro fica pesado e com aumento de volume, a paciente apresenta dificuldade para realizar os movimentos articulares e em casos de linfedema mais avançados não consegue fechar a mão. Como consequência acaba por não usar, ou usar muito pouco o membro para suas atividades, o que prejudica ainda mais seu quadro clínico, visto que o desuso do membro afetado pode ocasionar o surgimento da síndrome do ombro congelado (GUIRRO e GUIRRO, 2004).

Devido estas complicações e limitações, a fisioterapia é fundamental no tratamento destas pacientes, e tem por objetivo o ganho de mobilidade, força e resistência muscular, alívio da dor, diminuição do edema, ganho de controle neuromuscular, melhorar a tolerância aos exercícios, promover o bem-estar desta paciente, prevenir ou tratar as aderências cicatriciais oriundas do processo operatório, melhorar a mobilidade da cicatriz, pois as aderências cicatriciais e cicatrizes inelásticas acabam por levar a restrições de movimento (GUIRRO e GUIRRO, 2004).

Para atender estes objetivos, a fisioterapia dispõe de uma vasta gama de recursos disponíveis para o tratamento do linfedema pós-mastectomia, o que torna necessário eleger quais são os principais para o tratamento desta patologia, a fim de obter resultados mais efetivos na prática clínica.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão de literatura, efetuada por meio de uma busca simples por artigos, no período de janeiro à fevereiro de 2018, nas seguintes bases de dados: SCIELO, Bireme, LILACS, PEDro e PubMed, utilizando as palavra-chaves "linfedema pós-mastectomia" e "linfedema posmastectomia".

Posteriormente, os artigos encontrados passaram por uma triagem de acordo com os critérios de inclusão e exclusão para sua inclusão no presente artigo. Os critérios de inclusão usados para seleção do material foram: ano de publicação (2008 à 2018), artigos disponíveis para consulta com o texto completo, artigos com aspecto clínico abordando tratamento e reabilitação, área temática: ortopedia, fisioterapia e neoplasia. Já os critérios de exclusão foram artigos que abordavam tratamento farmacológico, nutricional e psicológico, bem como aspecto clínico de prevenção, diagnóstico e imaginologia unicamente, sem incluir o tratamento fisioterápico do linfedema.

Os artigos elegidos para o estudo foram os que contemplaram título, resumo e versão íntegra dentro dos critérios de inclusão e exclusão, em todos os idiomas e sem exclusão por tempo (meses, anos) de instalação do linfedema pós-mastectomia.

Ainda, foi avaliada a qualidade metodológica de cada estudo incluído pela Escala de Qualidade Jadad (TYBEL, 2018). O escore varia de 0 à 5 pontos, 1 ponto é dado para cada sim como resposta à cada uma das 5 questões e 0 ponto a cada não como resposta para as mesmas perguntas. Para ser considerado um estudo de alta qualidade o mesmo deve atingir 5 pontos nesta escala, se o mesmo obtiver 0 pontos na escala será considerado como estudo de baixa qualidade metodológica (FURLAN, 2000).

## 3. RESULTADOS

Foram encontrados inicialmente o total de 49 artigos, sendo 7 artigos encontrados na SCIELO, 1 artigo no PEDro, 23 artigos na Bireme, 0 artigos na PubMed e 18 artigos no LILACS. A triagem posterior, excluiu 44 artigos do estudo por não preencherem os critérios de inclusão, onde 1 deles foi excluído pelo resumo, 19 devido ao ano de publicação, 4 por serem repetidos, 2 por não terem o texto completo disponível e 18, foram descartados pelo título, pois não abordavam o aspecto clínico de tratamento.

Apenas 5 artigos foram incluídos no estudo, selecionados desta forma à saber: 2 artigos da SCIELO e 3 artigos da Bireme, cuja as principais características estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1- Características dos estudos selecionados (CENDRON e et al., 2015)

| **Estudo/ Ano de publicação/ Site** | **Metodologia/ Idioma Original** | **Objetivo do estudo** | **Resultados e Conclusão do estudo** |
|---|---|---|---|
| Cendron et al., 2015/ Bireme | Revisão Sistemática, com 10 artigos incluídos, todos randomizados, admitidos à partir dos anos 2000/ Português. | "Verificar a eficácia da fisioterapia complexa descongestiva associada ao uso de *kinesiotape*, enfaixamento compressivo e compressão pneumática no tratamento do linfedema secundário ao câncer de mama". | Compressão pneumática reduz os níveis de linfedema associada à FCD. *Kinesiotape* é uma alternativa para pacientes que não conseguem adaptar-se ao enfaixamento. Sugere mais estudos randomizados com o recurso *Kinesiotape*, pois os mesmos são escassos. |
| Souza et al., 2014/Bireme | Revisão Sistemática onde usou somente artigos no período de 1980 à 2012 randomizados em sua pesquisa e pacientes mulheres, 2 artigos incluídos/ Inglês. | "Avaliar o efeito da estimulação elétrica transcutânea ou terapia de ultrassom no tratamento de pós-mastectomia linfedema do membro superior". | O ultrassom e o TENS não foram efetivos, observou-se pequena redução nos sintomas do linfedema. Sugere mais estudo com estes recursos. |
| Rech et al., 2010/Bireme | Revisão Sistemática com inclusão de 3 artigos de ensaios quasi-randomizados, no período de 1966 à 2009/ Português. | "Analisar a eficácia da compressão pneumática em linfedemas pós-mastectomia". | Este recurso traz resultado significativo quando associado à terapia física, sozinho não faz diferença ao tratamento. |
| Barros et al., 2013/ Scielo | Estudo de caso realizado com 17 pacientes mulheres de 46 à 82 anos, maioria raça branca, com tempo de linfedema instalado: 3 meses à 6,5 anos após a mastectomia. A efetividade do tratamento deu-se por meio da avaliação perimétrica antes e depois do tratamento/ Português. | "Avaliar a eficácia de um protocolo que inclui a utilização da estimulação elétrica de alta voltagem (EEAV) associada a exercícios terapêuticos, automassagem e autocuidados no tratamento do linfedema". | Ambos os recursos foram eficazes na diminuição do linfedema. |
| Luz et al., 2011/ Scielo | Revisão de literatura, com pesquisa nos sites LILACS, IBECS, MEDLINE, Biblioteca Cochrane e SciELO, no período de 1980 à 2010, tendo incluído 71 artigos em seu estudo, sem referência da qualidade metodológica dos mesmos/ Português. | "Revisar os estudos da literatura, a fim de verificar e avaliar os benefícios dos recursos fisioterapêuticos no tratamento e na prevenção do linfedema pós-mastectomia". | A pesquisa resultou em vários recursos encontrados, dos quais são ineficazes aplicados de forma isolada. Concluiu que, a fisioterapia é a escolha mais eficiente no tratamento do linfedema. |

Sobre a qualidade metodológica, nenhum estudo incluído apresentou baixa qualidade conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2- Avaliação da qualidade metodológica dos artigos incluídos no estudo conforme Escala de Jadad (TYBEL, 2018)

| Perguntas | Pontuação | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Cendron e et al (2015)** | **Barros e et al (2013)** | **Rech e et al (2010)** | **Souza e et al (2014)** | **Luz e et al (2011)** |
| 1. O estudo foi descrito como randomizado? | 1 | 0 | 0,5* | 1 | 0 |
| 2. A randomização foi descrita e é adequada? | 1 | 0 | 0,5* | 1 | 0 |
| 3. Houve comparações e resultado? | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4. As comparações e resultados foram descritos e são adequados? | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5. Foram descritas as perdas e exclusões? | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **TOTAL** | **5** | **3** | **4** | **5** | **3** |

*Obs: Os autores RECH e et al., (2010), utilizaram estudos quasi-randomizados.

Dos 5 artigos selecionados, foram encontrados 18 recursos fisioterapêuticos utilizados no tratamento do linfedema pós-mastectomia: exercícios terapêuticos, Eletroestimulação de alta voltagem (EEAV), automassagem, Compressão pneumática intermitente (CPI), ultrassom, TENS, Fisioterapia Complexa Descongestiva (FCD), Drenagem linfática manual, drenagem linfática mecânica, vestuário de compressão, bandagens, hidroterapia, microondas, imersão em mercúrio, balneoterapia, laserterapia, cuidados com a pele e *Kinesiotape*.

Sobre o recurso exercício terapêutico, o estudo (de LUZ e LIMA, 2011), especifica quais são os exercícios terapêuticos que devem ser realizados e são: exercícios de amplitude de movimento de membro superior, exercícios de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), atividades funcionais com o membro, alongamentos e exercícios de fortalecimento ativo-assistidos. Já no estudo (de BARROS e et al., 2013), os exercícios utilizados em seu estudo foram: exercícios de incremento da amplitude articular, aquecimento das cadeias musculares, alongamento e relaxamento muscular. Nenhum destes autores descreve como estes exercícios foram ou devem ser feitos (nº de séries, repetições, intervalo de descanso, entre outros dados). Os autores CENDRON e et al., (2015), não especificam quais exercícios utilizar.

Entre os 3 estudos que sugeriram a Compressão Pneumática Intermitente (CPI) como recurso para tratamento desta patologia, um deles, o estudo de RECH e et al., (2010), afirma que a eficácia do mesmo não foi fidedigna porque não utilizou estudos com boa qualidade metodológica. As pressões usadas para a compressão divergiram entre os estudos: RECH e et al., (2010), apontam pressões usadas entre 40 e 60 mmHg, localização do sentido distal para proximal e tempo de compressão entre 30 minutos e 2 horas, já o estudo de LUZ e LIMA, (2011), sugere pressão de 30mmHg, porém não relata o tempo nem local de uso, e CENDRON e et al., (2015), citam pressão 30mmHg e 40mmHG entre os artigos de seu estudo, quanto ao tempo e local de uso não há referência sobre nenhum destes dados neste artigo.

Quanto a drenagem linfática manual LUZ e LIMA, (2011), citam que o tempo ideal de uma drenagem em um membro é de 30 à 45 minutos, relatando como a técnica deve ser executada porém sem mencionar sua frequência. No estudo de CENDRON e et al., (2015), o tempo variou conforme o grupo de estudo, onde um grupo recebeu a DLM durante 10-15 minutos e outro 45 minutos, todos os dias da semana, onde o segundo grupo com maior tempo teve melhores resultados na diminuição do linfedema. Não descreveu a realização da técnica.

O recurso laser, foi descrito seu uso por LUZ e LIMA, (2011), com baixa intensidade, (não apontou quantos joules utilizar) e tempo de duração 20 minutos, não houve indicação para os ou o local de aplicação, modo, frequência e intervalo das aplicações, profundidade (qual caneta) do laser à ser usado, bem como qual o objetivo visado com sua aplicação (efeito circulatório, anti-inflamatório, analgésico, cicatrizante) por exemplo para o tratamento.

Não há dados sobre os parâmetros utilizados (modo, frequência largura de pulso), tempo e local de aplicação, frequência e n° sessões utilizadas do aparelho de TENS nos estudos de LUZ e LIMA, (2011), e SOUZA e et al., (2014).

LUZ e LIMA, (2011), recomendam hidroterapia para diminuição do edema, porém não mencionam como a mesma foi feita, sua frequência, tempo de imersão, temperatura da água, profundidade da piscina, se foi apenas imersão ou associou exercícios e quais exercícios durante a imersão.

LUZ e LIMA, (2011), não descrevem os parâmetros utilizados, local e forma de utilização do aparelho de microondas, apenas referem quantos artigos do seu trabalho que utilizaram este recurso e o resultado que obtiveram.

Sobre o ultrassom o estudo (de LUZ e LIMA, 2011), também não específica os parâmetros utilizados só fala das contraindicações do equipamento. No estudo de SOUZA e et al., (2014), é possível verificar quais os parâmetros que foram utilizados para o ultrassom, e foram modo convencional com intuito de promover calor para reduzir a fibrose comum neste quadro patológico especialmente conforme for aumentando a cronicidade desta disfunção, com potência de $2{,}0W/cm^2$, frequência de $3MH_z$, com ciclo de 5 segundos.

A respeito da imersão em mercúrio, LUZ e LIMA, (2011), ressaltaram seu uso durante 4 sessões de 30 minutos com o intuito de fazer uma compressão.

Para LUZ e LIMA, (2011), a drenagem linfática mecânica é feita com o aparelho Flexitouch ™, no domicílio da paciente, seu estudo não relatou o modo de uso do mesmo.

Sobre a automassagem, houve discordância entre os autores com relação a quantidade de vezes por dia em que esta deve ser feita. BARROS e et al., (2013) propuseram sua realização 1 vez ao dia e LUZ e LIMA, (2011), 2 à 3 vezes ao dia. Os dois autores relataram o modo de fazer desta técnica sem diferenças. CENDRON e et al., (2015), não especificam como a automassagem deve ser realizada.

Sobre a Estimulação Elétrica de Alta Voltagem (EEAV), LUZ e LIMA, (2011), só citam as indicações porém não abordam como esta técnica deve ser utilizada. BARROS e et al., (2013), descrevem como utilizam o equipamento e qual (marca/modelo), modo de aplicação que incluiu, frequência, tempo *on/off*, *rise/decay*, limiar de sensibilidade, tempo de duração do estímulo, assim como local em que colocou os eletrodos.

LUZ e LIMA, (2011), mencionam no resumo de seu trabalho o recurso balneoterapia, porém ao analisarmos o conteúdo na íntegra, constatamos que o mesmo não foi descrito como os demais, não há dados sobre este recurso.

LUZ e LIMA, (2011) descrevem em seu estudo quais são os cuidados com a pele da paciente com linfedema. O estudo (de CENDRON e et al., 2015), não cita quais são estes cuidados.

No que diz respeito à fisioterapia complexa descongestiva (FCD), a mesma caracteriza-se por um conjunto de técnicas que visam reduzir o linfedema, e são elas a drenagem linfática manual, vestuário de compressão, bandagens, higiene da pele e exercícios terapêuticos segundo os autores LUZ e LIMA, (2011). Os autores CENDRON e et al., (2015), citam ainda a técnica de compressão pneumática intermitente (CPI) como parte do conjunto das técnicas da FCD. CENDRON e et al., (2015), sugerem em seu estudo alguns recursos para realizar tais técnicas: enfaixamento compressivo funcional (ECF) como método para vestuário de compressão e kinesiotape como método para bandagem.

A frequência com que esta técnica deve ser realizada para LUZ e LIMA, (2011) são de duas à quatro semanas. CENDRON e et al., (2015) não relatam este dado.

CENDRON e et al., (2015), foram os únicos autores que destacaram o uso de *Kinesiotape* como recurso para tratamento do linfedema. Não foi encontrado em seu estudo o local de aplicação da bandagem, quanto tempo cada paciente ficou a fita, se houve a desobstrução ganglionar associada a técnica ou não, tensionamento da fita aplicada (valor percentual). Os únicos dados descritos são: marca utilizada (K-TAPE), foi usado dentro da técnica de FCD substituindo o enfaixamento por ele, duração do tratamento 4 semanas, efeitos colaterais (as pacientes que usaram tiveram mais lesões cutâneas do que as que usaram o enfaixamento), objetivo da aplicação que era melhorar o fluxo linfático, acarretando na diminuição do volume do linfedema e os resultados obtidos que foram descritos na tabela 1 deste presente trabalho.

LUZ e LIMA, (2011), recomendam as pressões de 20 à 60mmHg para graduar o vestuário de compressão. O tempo de uso variou de até 24 horas a algumas horas de uso durante atividades físicas e repouso, mencionam as indicações, bem como o tipo de braçadeiras mais comumente usadas. No estudo (de CENDRON e et al., 2015), encontramos aplicação do vestuário com diferentes pressões em diferentes grupos controle, onde um grupo foi utilizado pressão considerada baixa de 20 à 30mmHg e outro com alta pressão de 44 à 58mmHg, neste caso os dois grupos ficaram com o vestuário por 24 horas. Não houve diferença no resultado entre ambas as pressões quanto a diminuição do linfedema (qual é a melhor), mas as pressões mais baixas de acordo com este estudo são aceitáveis pelas pacientes.

LUZ e LIMA, (2011), descrevem as indicações da bandagem ou enfaixamento compressivo, assim como a forma correta de aplicação do sentido distal para proximal com maior pressão à nível distal, defendem sua colocação na forma circular ou em escama de peixe, em múltiplas camadas com proteção anterior na colocação da pele por meio de hidratação, mas não informam por quanto tempo as pacientes devem manter o enfaixamento. Ambos os autores descreveram a contenção elástica como devendo ser feita nas duas fases da fisioterapia complexa descongestiva. CENDRON e et al., (2015), não abordou nenhum destes dados acima citados.

## 4. DISCUSSÃO

Os recursos exercícios terapêuticos, compressão Pneumática Intermitente (CPI) e a automassagem, dentre os demais foram os mais indicados para o tratamento do linfedema nos estudos pesquisados. Mas CENDRON e et al., (2015), em seu estudo relata que a técnica de Fisioterapia Complexa descongestiva (FCD), é atualmente a recomendada pela Sociedade Internacional de Linfologia para o tratamento do linfedema.

Analisando os dados encontrados, esta técnica específica foi citada apenas em dois artigos escolhidos, embora os três recursos mais citados juntos façam parte do conjunto de técnicas que compõem a fisioterapia complexa descongestiva recomendada, o que de certa forma vai de acordo com os preceitos da entidade referência no assunto.

CENDRON e et al., (2015), questionam essa recomendação em seu estudo, pois segundo eles é difícil e complexa a seleção de qual técnica é a mais eficaz na redução do linfedema, dentro da vasta gama de recursos encontrados.

Analisando as indicações dos recursos, boa parte deles não apresenta bons resultados quando aplicados isoladamente, e sim como parte de um conjunto de técnicas fisioterapêuticas à serem utilizadas no tratamento do linfedema. LUZ e et al., (2011), relatam que os exercícios, bandagens, drenagem linfática mecânica, compressão pneumática intermitente, laser e vestuários de compressão, são técnicas que apresentam resultados melhores se feitas associadas à outras terapias.

Os autores LEDUC e LEDUC, (2000), prezam que sejam empregadas no tratamento do linfedema um conjunto de técnicas para maior sucesso no tratamento fisioterapêutico.

SOUZA e et al., (2014), propuseram em seu estudo o uso de ultrassom para tratamento do linfedema, porém de acordo com GUIRRO e GUIRRO, (2004), apesar do ultrassom apresentar grandes resultados quanto ao tratamento da cicatriz, eles relatam que o ultrassom não é um recurso seguro à se utilizar, pelo risco de metástase. LUZ e et al., (2011), em seu estudo também afirmam que o ultrassom é contraindicado pelo risco de metástase.

Os 5 artigos incluídos no estudo não nos oferecem muitas informações (completas) sobre os recursos, como quais parâmetros usaram. O único recurso que apresentou a descrição completa de como deve ser aplicado, foi a imersão em mercúrio. Os recursos: balneoterapia, eletroestimulação transcutânea superficial (TENS), hidroterapia e microondas não apresentaram nenhum dado sobre a técnica para uso. Os demais: bandagem, estimulação elétrica de alta voltagem, vestuário de compressão, cuidados com a pele, automassagem, ultrassom, exercícios, *Kinesiotape*, fisioterapia complexo descongestiva, drenagem linfática manual e mecânica, laser, compressão pneumática intermitente apresentaram dados parciais.

## 5. CONCLUSÃO

Foram encontrados 18 principais recursos fisioterapêuticos usados no tratamento do linfedema pós-mastectomia radical. Existe escassez de informações sobre os parâmetros dos recursos encontrados á serem utilizados. Devido a isso, sugere-se uma nova pesquisa sobre este assunto para a inclusão destes recursos na prática clínica, uma vez que é fundamental para o fisioterapeuta conhecer além da técnica que será utilizada no tratamento, como a mesma deve ser realizada, visto que existem várias formas diferentes de utilizar um determinado recurso e isso acaba comprometendo o resultado do tratamento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, V. M. e; PANOBIANCO, M. S.; ALMEIDA, A. M. de; et al.. Linfedema pós-mastectomia: um protocolo de tratamento. Fisioterapia e Pesquisa. São Paulo, v.20, n.2, April/June. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextepid=S1809-29502013000200013 > Acesso em: 01 Mar. 2018 às 22:00 hrs.

CENDRON, S.W.; PAIVA, L. L.; DARSKI, C; et al.. Fisioterapia complexa descongestiva associada a terapias de compressão no tratamento do linfedema secundário ao câncer de mama: uma revisão sistemática. Revista Brasileira de Cancerologia, v.61, n.1, p.49-58. jan./mar. 2015. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/rbc/n_61/v01/pdf/09-revisao-de-literatura-fisioterapia-complexa-descongestiva-associada-a-terapias-de-compressao-no-tratamento-do-linfedema-secundario-ao-cancer-de-mama-uma-revisao-sistematica.pdf> Acesso em: 28 fev. 2018 às 13:00 hrs.

FURLAN, A. Em busca de evidência para a prática clínica médica diária. Instituto de Medicina física e reabilitação: Revista Acta Fisiátrica, v.7, n.1, Abr. 2000. Disponível em: <http://www.actafisiatrica.org.br/detalhe_artigo.asp?id=564>Acesso em: 22 mar. 2018 às 22:46 hrs.

GUIRRO. Elaine; GUIRRO. Rinaldo. Mastectomia. Fisioterapia Dermatofuncional: fundamentos, recursos e patologias. Ed.3. Editora Manole. p.465-490, 2004.

HAMILL. Joseph; KNUTZEN. Kathleen, M. Anatomia Funcional do membro superior; Músculos. Bases biomecânicas do movimento humano. Ed.2. Editora Manole. p. 136-142; 456, 2008.

JARMEY. Chris. Músculos: uma abordagem concisa. Editora Manole, 2008.

LEDUC. Albert; LEDUC. Oliver. Drenagem linfática: teoria e prática. Ed.2. Editora Manole, 2000.

LUZ, N. D. da; LIMA, A. C. G.; Recursos fisioterapêuticos em linfedema pós-mastectomia: uma revisão de literatura. Fisioterapia em movimento. Curitiba, v.24, n.1, jan./mar. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script= sci_arttextepid=S0103-51502011000100022elng=enenrm=isoetlng=pt> Acesso em: 01 Mar. 2018 às 22:30 hrs.

RECH, J. B. dos S.; NÓBREGA, L.; LEMOS, A. Compressão Pneumática no Tratamento de Linfedema Pós-mastectomia: Revisão Sistemática. Revista Brasileira de Cancerologia, v.56, n.4, p.483-491. 2010. Disponível em: < http://www1.inca.gov.br/rbc/n_56/v04/pdf/10_revisao_compressao_pneumatica_tratamento_linfedema_pos_mastectomia.pdf> Acesso em: 28 fev. 2018 às 23:00 hrs.

SOUZA, M. A. G. de; CECCATO, R. B.; ROSA, C. D. P. da; et al.. Terapia de ultrassom e estimulação elétrica neuromuscular para o tratamento do linfedema de membro superior pós-mastectomia. Instituto de Medicina física e reabilitação: Revista Acta Fisiátrica, v.21, n.4, dez. 2014. Disponível em: <http://www.actafisiatrica.org.br/detalhe_artigo.asp?id=564> Acesso em: 28 fev. 2018 às 23:00 hrs.

SPENCE. Roy, A. J; JHONSTON. Patrick, G. Câncer de mama. Oncologia. Ed.1 Editora Guanabara Koogan,2003.

TYBEL, D. Revisão Bibliográfica ou Revisão de Literatura: Escala de Qualidade das Fontes Pesquisadas. Guia da Monografia-como fazer um TCC à Prova de Plagio, 2018. Disponível em: <https://guiadamonografia.com.br/escala-de-qualidade-fontes-pesquisadas/> Acesso em: 22 mar. 2018 às 22:46 hrs.

ZOLLINGER JR. Robert, M.; ZOLLINGER. Robert, M. Mastectomia Radical. Atlas de Cirurgia. Ed. 6. Editora Guanabara Koogan. p. 410-418,1990.

# CIGARRO ELETRÔNICO: O QUE SE SABE SOBRE ELE?

PRISCILA PERIN BRUSCO
FABIANA BERTELLA
DAIANA BUCZKOSKI
ANA PAULA HÜBNER DA SILVA
LUCIÉLE KEMPKA SZCZOTKA
FERNANDA DAL'MASO CAMERA[2]
msnpriscila@hotmail.com; fabianabertella200@gmail.com; daianabuczkoski@hotmail.com; anahubner97@gmail.com; luciele_sz@hotmail.com; fernandadalmasocamera@gmail.com;
[1] Acadêmicas do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI - Erechim.
[2] Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI - Erechim.

**Introdução:** O cigarro eletrônico é um sistema eletrônico de liberação de nicotina que está gerando controvérsias, tanto entre a população quanto entre profissionais da saúde. O uso crescente do cigarro eletrônico é observado em tabagistas de diversos países, tanto para auxiliar na cessação do tabagismo quanto como substituto do cigarro convencional. Dados sobre a segurança do uso do cigarro eletrônico são limitados. Do mesmo modo, até o momento, não há evidências de que o cigarro eletrônico seja efetivo para tratar a adição à nicotina. Imagina-se ser importante a abordagem deste cigarro, bem como os danos que ele pode causar, pois o uso crescente do cigarro eletrônico por adolescentes e indivíduos adultos gera preocupação. **Objetivo:** Verificar o grau de conhecimento de acadêmicos do Curso da Farmácia da URI Erechim em relação ao CE. **Metodologia:** Estudo Transversal com abordagem quali-quantitativa. Aplicou-se um questionário anônimo de nove perguntas de livre escolha aos acadêmicos do Curso de Farmácia, que aceitaram participar da pesquisa no Ano 2016. **Resultados:** Observou-se que 60% dos acadêmicos do Curso de Farmácia da URI Erechim não conhecem o cigarro eletrônico (CE), 98% dos acadêmicos nunca utilizaram-o e 25% destes conhecem alguma pessoa que já utilizou. Em relação ao comprometimento que este cigarro pode causar na saúde das pessoas, mais de 50% dos acadêmicos sabem que este cigarro pode causar danos a saúde, porém desconhecem que em sua composição há substâncias cancerígenas, nicotina e propilenoglicol. Ainda, mais de 80% dos alunos não sabem que este cigarro é proibido no Brasil. **Conclusão**: Concluiu-se que a maioria dos acadêmicos do Curso de Farmácia da URI Erechim não conhecem este tipo de cigarro nem mesmo utilizam, porém tem poucas informações da sua composição e do comprometimento que ele pode causar na saúde das pessoas.
**Palavras Chaves:** Cigarro Eletrônico; Nicotina; Estudantes.

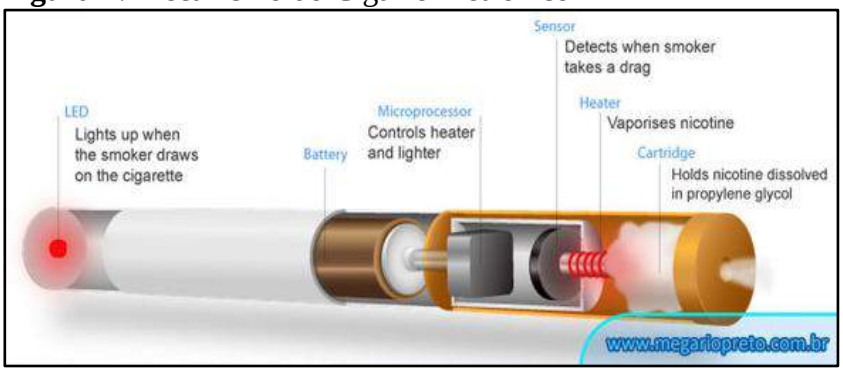
## INTRODUÇÃO

Sabe-se que o primeiro cigarro eletrônico foi desenvolvido por Herbert A. Gilbert, em Beaver Falls,Pensilvânia, em 1963 (GILBERT, 1965). Nunca chegou a ser comercializado, em virtude da falta de tecnologia disponível daquela época. O chinês Hon Lik, fundador da Dragonite International Ltd, desenvolveu, em 2003, um novo modelo de cigarro eletrônico e dez anos depois, a patente desse novo produto foi vendida para a Imperial Tobacco Group (GUSTAFSSON, 2013).

O cigarro eletrônico (CE), conhecido como *Electronic Nicotine Delivery Systems*, *e-cigarretes*, *e-ciggy*, *e-cigar*é um aparelho eletrônico que funciona por meio de uma bateria de lítio (GRANA, 2013). Seu interior é composto por um espaço para a inserção do cartucho ou

refil, onde fica armazenadaa nicotina líquida, disponível nas concentrações que variam entre 0 a 36 mg/ml, podendo também ser utilizado em maiores concentrações (FARSALINOS, 2014) conforme **Figura 1**. E o atomizador é responsável por aquecer e vaporizar a nicotina. Durante a tragada, o sensor é acionado, esse por sua vez deflagra a ação do microprocessador responsável por ativar tanto a bateria quanto a luz de led e proporcionar ao usuário a sensação de que o cigarro está acesso (TOBACCO CONTROL LEGAL CONSORTIUM, 2013).

**Figura 1**: Mecanismo do Cigarro Eletrônico




Quando o usuário aspira o dispositivo, um sensor detecta o fluxo de ar e aquece o líquido do cartucho causando a evaporação. A temperatura do vapor atinge entre 40°C e 65°C. Segundo Bertholon, 2013, um cartucho pode gerar de 10 a 250 jatos, o que poderia corresponder a 5-30 cigarros.

Os CE são classificados atualmente em três gerações. A primeira geração é composta por produtos descartáveis não recarregáveis, com formato muito semelhante ao cigarro industrial, sendo que uma luz de led simula a brasa do cigarro durante a tragada. São comercializados com ou sem nicotina (FARSALINOS, 2014). Na segunda geração, encontram-se produtos com bateria recarregável, nos quais os cartuchos podem ser substituídos por outros pré-cheios de nicotina líquida. Alguns, semelhantes a canetas, permitem a regulagem da duração e do número de tragadas. E a, última geração, conhecida por tank, por conter um reservatório ou tanque para ser preenchida com nicotina e também com outras drogas, como a maconha líquida. São recarregáveis e facilmente manipuláveis para a emissão de uma maior quantidade de vapor (GIVENS, 2014).

Os cigarros eletrônicos de nova geração disponibilizam mais carga para o atomizador, sendo que liberam mais nicotina quando comparados aos DEF de primeira geração, e menos eficazes do que os cigarros regulares (FARSALINOS, 2014). Para se aproximar da quantidade de nicotina liberada pelo cigarro regular, os usuários dos DEF necessitariam de 50 mg/ml de nicotina líquida (GIVENS, 2014).

Os refis de nicotina líquida estão disponíveis em várias dosagens que variam de 6 mg/ml (0,6%) a 36 mg/ml (3,6%). Supondo que 1 ml de solução contenha 20 gotas, uma gota de 3,6% de nicotina líquida contém 1,8 mg de nicotina (GUPTA, 2014).

Outro estudo observou que 300 tragadas no DEF com cartuchos contendo altas concentrações de nicotina liberaram 0,5 mg e 15,4 mg de nicotina, enquanto os cartuchos rotulados como baixa ou média concentração de nicotina liberaram 0,5 mg e 3,1 mg da substância. Os cigarros eletrônicos avaliados vaporizaram de 21% a 85% da quantidade relativa de nicotina presente no refil. Os usuários de DEF podem compensar a pouca liberação de nicotina com tragadas mais longas e mais profundas (GONIEWICZ e WILLIAMS, 2013).

Ao tragar os cigarros eletrônicos os usuários absorvem os vapores gerados a partir de soluções que contêm solventes, além de várias concentraçõesde nicotina, água, aromatizantes

e inúmeros outros aditivos. Os solventes mais usados são a glicerina e o propilenoglicol. Além de conter outras subtâncias carcinogênicas como o Arsênico, Benzeno, Formaldeído, Acetaldeído e Naftalina. E contêm também alguns metais como o chumbo, cádmio e níquel (GONIEWICZ, 2013).

De acordo com pesquisas realizadas por Williams (2013) onde compararam a emissão de metais pesados e partículas de silicato pelo vapor do DEF ao do cigarro industrial, verificaram que elementos como sódio, ferro, alumínio e níquel estavam presentes em concentrações maiores nos vapores dos cigarros eletrônicos do que nos cigarros convencionais. O elementos cobre, magnésio, chumbo, cromo e manganês foram encontrados nas mesmas concentrações tanto nos cigarros eletrônicos quanto nos cigarros industriais, já o potássio e o zinco apresentaram-se em menores concentrações. Todos os elementos encontrados no vapor dos CE são conhecidos por causar desconforto e doenças respiratórias, alguns cancerígenos, enquanto alguns afetam a reprodução humana ou o desenvolvimento. (GRANA, 2013)

Vardavas (2012) relatou que o uso do cigarro eletrônico de no mínimo cinco minutos em indivíduos saudáveis leva a efeitos adversos imediatos, como aumento da resistência ao fluxo das vias aéreas periféricas e do estresse oxidativo, semelhantes aos causados pelo uso de cigarros convencionais.

O uso do CE no Brasil é proibido, porém tem se observado muitos adolescentes e adultos jovens utilizando-os, nas diferentes cidades do Brasil. (KNORST, 2014) É de grande importância avaliar o conhecimento dos jovens bem como dos adultos, pois percebe-se que muito pouco se sabe sobre a composição e os danos que este cigarro pode causar na visa das pessoas.

## MÁTERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se por ser do tipo Transversal com abordagem quali-quantitativa. A amostra contou com todos os acadêmicos do Curso de Farmácia que aceitaram em participar da pesquisa. Aplicou-se um questionário anônimo composto por nove questões de livre escolha, aplicado em uma única data no ano de 2017 em todas as turmas. Este questionário abordava assuntos como: conhecimento sobre CE, se já havia usado alguma vez, se tinha conhecimento que alguém próximo já havia feito uso, se ter o hábito de usar podia comprometer a saúde, sobre sua concentração de nicotina, que este tipo de cigarro havia sido proibido pela ANVISA em 2009, uso contínuo do cigarro eletrônico podia tornar seus usuários dependentes químicos e além disso que apresenta substâncias cancerígenas e propilenoglicol que causa irritações nos olhos, garganta e vias áreas.

Os resultados foram feitos mediante o programa Microsoft Excel 2010 e o programa GraphPadPrism 6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se, nesta pesquisa, que 60% dos acadêmicos do Curso de Farmácia da URI Erechim não conhecem o cigarro eletrônico (CE), 98% dos acadêmicos nunca utilizaram o CE, porém 2% já fez uso deste cigarro e 25% conhecem alguma pessoa que já utilizou. Em relação ao comprometimento que este cigarro pode causar na saúde das pessoas, 64% dos acadêmicos sabem que este cigarro pode causar danos, entretanto, mais de 80% dos acadêmicos não sabem que no CE há presença de nicotina, substância que causa dependência

química a seus usuários. Além disso, 87% dos alunos não sabiam que este cigarro tinha sido proibido pela ANVISA no Brasil em 2009. Em relação ao uso contínuo deste cigarro, 60% dos acadêmicos sabem que se utilizado de forma diária e contínua pode causar dependência a seus usuários e 72% não sabem que o CE possui substâncias cancerígenas sendo prejudicial a saúde. Por último, 90% dos acadêmicos desconhecem que o Propilenoglicol (substância presente no CE) causa irritação nos olhos, garganta e vias aéreas.

Alguns resultados foram quantificados em gráficos como o **Gráfico 1, Gráfico 2 Gráfico 3, Gráfico 4 e Gráfico 5** , onde ambos abordam questões sobre o Cigarro eletrônico.

**Gráfico 1**: Conhecimento do CE

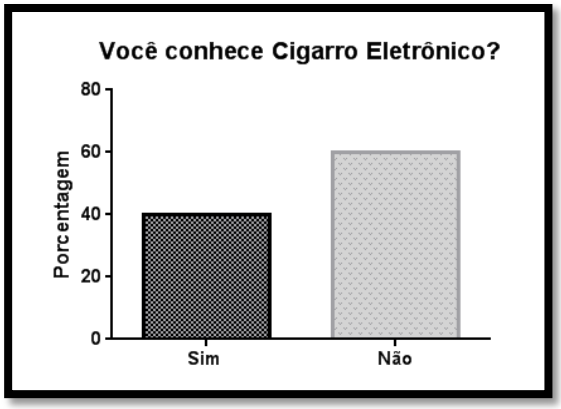
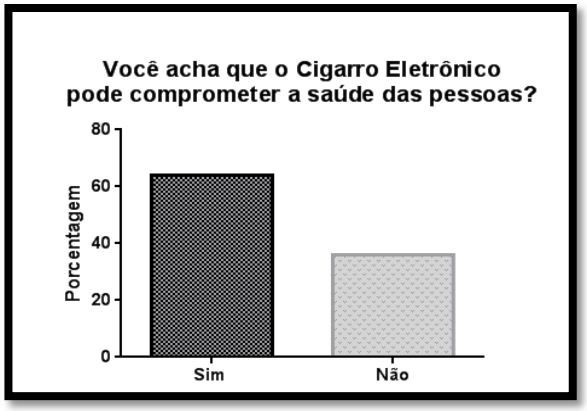



**Gráfico 2**: Comprometimento da Saúde com o CE.




Resultados que são semelhantes à pesquisa de Hadwiger (2010) onde entrevistou 1.215 jovens estudantes e verificou que 38% tinham conhecimento do CE. Neste estudo, perguntou-se aos estudantes se o cigarro eletrônico podia trazer malefícios a saúde apenas 36% relataram que sim, já os demais não acreditam que um produto desse possa prejudicar a saúde. Em relação aos componentes do CE apenas 11% dos estudantes afirmam que este cigarro apresenta substâncias cancerígenas e alguns metais pesados, demonstrando assim, que os jovens tem pouca informação sobre a sua composição e seu funcionamento.

**Gráfico 3**: Substâncias do CE

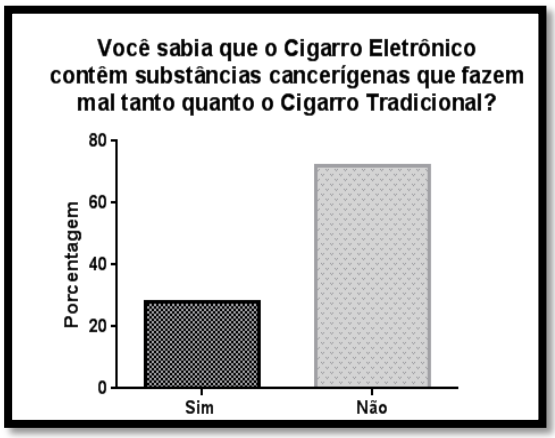
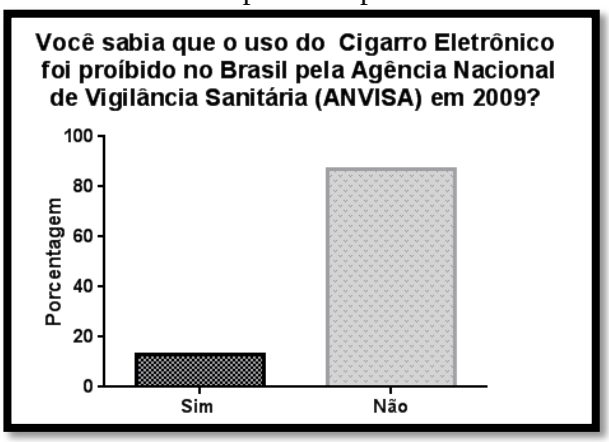
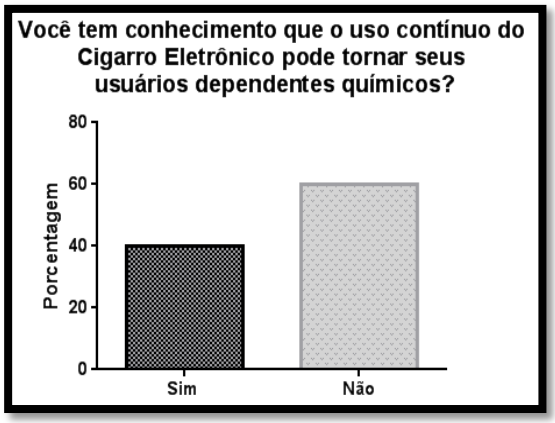



**Gráfico 4**: CE foi proibido pela ANVISA.



Uma pesquisa realizada entre 2013 a 2014, com estudantes americanos, sobre cigarros eletrônicos, evidenciou que o uso atual havia triplicado. Observou-se que entre os estudantes do ensino médio, o percentual subiu de 4,5% para 13,4%, e, entre o ensino fundamental II passou de 1,1% para 3,9%, correspondendo respectivamente a um aumento aproximado de 660 mil para 2 milhões e de 120 mil para 450 mil estudantes (BUNNELL, 2014). Estudos demonstraram que jovens usuários de cigarros eletrônicos são menos propensos a parar de fumar, enquanto adultos fumantes que usam DEF têm alta tendência à dupla utilização, expondo-se a maiores riscos para a saúde. Demonstrando também que desconhecem que este tipo de produto possa apresentar substâncias carcinogênicas (GUSTAFSSON, 2016). Esta pesquisa apresenta dados que vai ao encontro do que foi encontrado, mostrando que a prevenção por meio da divulgação dos malefícios pode amenizar este quadro por isso importante saber qual é o real conhecimento sobre o CE.

**Gráfico 5**: Uso contínuo do CE tornam Dependentes.




## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que a maioria dos acadêmicos do Curso de Farmácia da URI Erechim não conhecem este tipo de cigarro nem mesmo utilizam, porém tem poucas informações da sua composição e do comprometimento que ele pode causar na saúde das pessoas.

## REFERÊNCIAS

BERTHOLON JF, BECQUEMIN MH, ANNESI-MAESANO I, DAUTZENBERG B. Electronic cigarettes: a short review. **Respiration**. v.86, n.5 pág 433-438, 2013;

BUNNELL, R. E. et al. Intentions to smoke cigarettes among never-smoking U.S. middle and high school electronic cigarette users, National Youth Tobacco Survey, **Nicotine&TobaccoResearch**, 2014.

FARSALINOS, K. E. et al. Nicotine absorption from electronic cigarette use: comparison between first and newgenerationdevices. **Scientific Reports**, v. 4, 2014.

GRANA, R.; BENOWITZ, N.; GLANTZ, S. A. Background Paper on E-cigarettes (Electronic Nicotine Delivery Systems). Geneva: **World Health Organization Tobacco Free Initiative**, 2013.

GILBERT, H. A. Smokeless non-tobacco cigarette. **US** ,1965.

GIVENS, A.; CHENG, P. S. I-Team: e-cigarettes, used to smoke marijuana, spark new concerns. Disponível em: <http://www.nbcnewyork.com/investigations/ECigarettes-Drugs-Marijuana-Vapor-Pens-Smoking-I-Team-227269001. html>. Acesso em: 12 agost. 2018.

GONIEWICZ, M. L. et al. Levels of selected carcinogens and toxicants in vapour from electronic cigarettes. **Tobacco Control**, v. 23, n. 2, p. 133-139, 2013.

GUPTA, S.; GANDHI, A.; MANIKONDA, R. Accidental nicotine liquid ingestion: emerging paediatric problem. **Archives of Disease in Childhood**, v. 99, n. 12, 2014.

GUSTAFSSON, K. Imperial tobacco agrees to acquire dragonite's e-cigarette unit. New York: **Bloomberg Business**,2013. Disponível em: <http://www.bloomberg.com/news/2013-09-02/imperial-tobacco-agrees-to-acquiredragonitese-cigarette-unit.html>. Acesso em: 12 agost. 2018.

HADWIGER, M. E. et al. Identification of amino-tadalafil and rimonabant in electronic cigarette products usinghigh pressure liquid chromatography with diode array and tandem mass spectrometric detection. **Journal ofChromatography**, v. 1217, n. 48, p. 7547–7555, 2010.

KNORST, M. M., BENEDETTO, HOFFMEISTER M.C, GAZZAN.M. Cigarro eletrônico: o novo cigarro do século 21? **J BrasPneumol**. v.40, n.5, pág 564-573 , 2014;

VARDAVAS, C. I. et al. Short-term pulmonary effects of using an electronic cigarette: Impact on respiratory flowresistance, impedance, and exhaled nitric oxide. **Chest**, v. 141, n. 6, p. 1400–1406, 2012.

TOBACCO CONTROL LEGAL CONSORTIUM. Regulatory options for electronic cigarettes - fact sheet, **Minnesota**, 2013.

WILLIAMS, M. et al. Metal and Silicate Particles Including Nanoparticles Are Present in Electronic Cigarette Cartomizer Fluid and Aerosol, **Plosone**, v. 8, n. 3, 2013.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# Efeitos da fisioterapia aquática no paciente com AVC: relato de caso

**VECHIATTO, S.C.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**samaravechiatto@hotmail.com**

**CASTRO, M.B.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**mbairros@uricer.edu.com**

**MORSCH, A.L.B.C.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**anamorsch@uricer.edu**

**SBARDELOTTO, M.L.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**marisbard89@gmail.com**

**ULKOVSKI, A.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**alineulkovski@hotmail.com**

**ZANCAN, J.P.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**juli.piva@hotmail.com**

**MALYSZ, K. A.**
**Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim – avenida 7 de setembro, 1621 - RS – Brasil.**
**karimalysz@hotmail.com**

***Resumo.*** *O acidente vascular cerebral é uma condição que pode causar prejuízo neurológico, incapacidades e a morte. Dentre as manifestações clínicas em pacientes com AVC dependem da localização e da extensão da lesão vascular, sendo sensitivas, motoras ou cognitivas. A terapia aquática promove a independência funcional, diminuindo as respostas anormais e potencializando os movimentos corretos. Este estudo tem como objetivo principal verificar a influência da fisioterapia aquática, buscando evidências com relação aos benefícios do método sobre a independência funcional, força muscular, amplitude de movimento, equilíbrio, mobilidade do quadril, equilíbrio, força de preensão manual, qualidade de vida e marcha no AVC. A amostra foi composta por um paciente, de 55 anos, com diagnóstico de AVC hemorrágico a esquerda. O tratamento foi realizado com frequência de uma vez por semana, com duração de 45 minutos cada sessão, totalizando 12 sessões. Verificou-se aumento da força muscular do membro superior contralateral ao acometido, aumento da flexibilidade do quadril, aumento do equilíbrio, aumento da ADM de ambos os membros inferiores, como também melhora qualidade de vida do paciente.*
***Palavras-chaves:*** *Fisioterapia Aquática. Neurologia. AVC*

## 1. Introdução

O acidente vascular cerebral é uma condição que pode causar prejuízo neurológico, incapacidades e a morte. Suas alterações frequentemente incluem fraqueza muscular, espasticidade e padrões motores anormais (PIASSAROLI, et al., 2011). Causando diminuição na independência, na qualidade de vida e causando déficits na capacidade funcional dos pacientes acometidos (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015).

Dentre as manifestações clínicas em pacientes com AVC dependem da localização e da extensão da lesão vascular, sendo sensitivas, motoras ou cognitivas (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015). As lesões que ocorrem no sistema corticoespinal limitam em atividades do dia-a-dia, mobilidade e na comunicação. Pacientes com sequelas de AVC apresentam limitação no controle no início do movimento e também como o controle motor voluntário. A principal limitação é a espasticidade, resultando dificuldade na habilidade em produzir e regular o movimento na forma voluntária (SANTOS et al. 2011).

Existem dois tipos de AVC: isquêmico e hemorrágico. Sendo o isquêmico o mais frequente e causado por perda do suprimento sanguíneo na região do encéfalo, onde ocorre a obstrução de uma ou mais artérias que irrigam essa região. A diminuição do aporte sanguíneo cerebral faz com que diminua a oferta de glicose e oxigênio, fazendo com que o metabolismo celular fique prejudicado e causando lesão e também morte dos tecidos. O AVC hemorrágico é decorrente de um aneurisma ou trauma nas áreas extravasculares do cérebro, acontecendo quando o vaso sanguíneo encefálico se rompe, causando extravasamento do sangue para os tecidos ao redor. O extravasamento de sangue faz aumentar as pressões intracranianas, fazendo com que ocorra lesões das estruturas cerebrais e diminuindo o fluxo sanguíneo distalmente (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015).

A alteração no sistema motor é um problema frequente após o AVC. A hemiplegia ou a hemiparesia é um déficit motor que ocorre no lado contrário a lesão no hemisfério cerebral. A hipotonia ocorre geralmente após o AVC, mas tem duração curta. A espasticidade está presente em 90% dos casos e apresenta resistência a mobilização na forma passiva, que dificulta ou em outras vezes é impossível realizar o movimento ativo, e dificulta a atividade motora voluntária com diminuição da amplitude de movimento e força muscular. A marcha, os mecanismos compensatórios, o grau do tônus muscular, o controle motor seletivo preservado, o equilíbrio, e as alterações na sensibilidade em pacientes hemiparéticos depende da extensão da lesão e da localização anatômica (SANTOS et al. 2011). O espasmo muscular pode ser diminuído com o calor produzido pela água, fazendo com que ocorra redução da espasticidade (SANTOS et al. 2011).

Em indivíduos acometidos por AVCs geralmente são um quadro patológico da hemiplegia é flexão do membro superior com retração, adução e rotação interna do ombro, flexão de cotovelo, pronação de antebraço, flexão de punho e dedos, e adução de polegar. No membro inferior ocorre a extensão com: extensão e adução de quadril, extensão de joelho, inversão de tornozelo e flexão plantar e de dedos (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015).

Os AVCs são uma das causas principais de morte nos países desenvolvidos. Nos EUA é a terceira causa de morte, tendo sua incidência maior em mulheres, mas o risco de ser acometido por um AVC seja maior em homens. Cerca de 3/4 dos AVCs acontecem em indivíduos com idade maior a 65 anos. Depois dos 55 anos de idade, o risco de ocorrer um AVC duplica a cada década. Já no Brasil, 68 mil mortes por AVC são registrados a cada ano. É a primeira causa de morte e incapacidade no País, causando impacto social e econômico, sendo que muitas pessoas ficam dependentes de ajuda por meses, anos ou pelo resto da vida (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015).

A fisioterapia aquática pode contribuir com os pacientes após um AVC, promovendo o máximo de independência funcional, diminuindo as respostas anormais e potencializando os movimentos corretos, beneficiando o indivíduo com os princípios físicos e termodinâmicos da água, como o empuxo, pressão hidrostática e a viscosidade (MENEGHETTI et al., 2012).

O objetivo principal do estudo foi verificar a influência da fisioterapia aquática na independência funcional, força muscular, amplitude de movimento, mobilidade do quadril, equilíbrio, força de preensão manual, qualidade de vida e marcha no AVC.

## 2.Metodologia

O presente estudo caracteriza-se como um relato de caso, de caráter longitudinal, com abordagem quantitativa. A amostra desta pesquisa foi intencional, composta por um paciente, sexo masculino, 55 anos de idade, com diagnóstico clínico de Acidente Vascular Cerebral Hemorrágico à esquerda que foi atendido no serviço de Hidroterapia da Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, na cidade de Erechim, estado do Rio Grande do Sul.

Os critérios de inclusão foram diagnóstico clínico de AVC hemorrágico, ausência de patologias que impedissem a execução de exercícios aquáticos, ausência de fístulas cutâneas, ausência de feridas infecciosas, ausência de otite, ausência de coronariopatia instável, ausência de hipertensão arterial grave, ausência de insuficiência respiratória grave, ausência de infecção urinária, ausência de hipersensibilidade aos produtos da piscina e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Os critérios de exclusão foram frequência menor de 95%.

Inicialmente realizou-se a anamnese, composta por perguntas referentes à história da doença atual, uso de medicação, realização de cirurgias, nível de função e realização de testes incluindo avaliação da dor, amplitude de movimento de MMSS e MMII, testes de equilíbrio, marcha, questionário das atividades de vida diária e qualidade de vida.

A goniometria foi realizada para avaliar a amplitude de movimento do ombro, cotovelo, punho e quadril. Primeiramente foi explicado o movimento para o paciente para que ela realizasse de maneira correta. Após a realização do movimento, com o auxílio de um goniômetro, foi mensurada a amplitude de movimento em graus. Os movimentos da articulação glenoumeral que foram avaliados é a flexão, extensão, rotação interna, rotação externa, abdução, adução, abdução horizontal e adução horizontal. Os movimentos do cotovelo avaliados foram: flexão e extensão e do punho flexão, extensão, desvio ulnar e desvio radial. Para o quadril os movimentos analisados foram flexão, extensão, rotação interna, rotação externa, abdução e adução.

Para a avaliação da força muscular no qual o indivíduo realiza o movimento de forma passiva e após se o indivíduo consegue contrair e exercer o movimento contra a ação da gravidade o fisioterapeuta exerce uma força e o paciente realiza o movimento contra a resistência imposta (MEEREIS et al., 2013).

Para avaliação do equilíbrio foi utilizado a Escala de Equilíbrio de Berg, teste de Tinetti e o Teste Timed Up and Go. A escala de equilíbrio de Berg tem uma pontuação máxima de 56 pontos, em cada item tem uma escala ordinal de 5 alternativas que vão de 0 a 4 pontos. O teste de Tinetti é utilizado para verificar o equilíbrio e anormalidades da marcha. Possui 16 itens, onde 9 servem para avaliar o equilíbrio e 7 para analisar a marcha. Este teste descreve os aspectos da marcha, que compreende, velocidade, distância do passo, simetria e equilíbrio em pé, girar e mudanças com os olhos fechados. O teste Timed Up and Go inicia-se com o indivíduo em sedestação em uma cadeira, com a coluna bem encostada na parte traseira da cadeira. O indivíduo após o comando do fisioterapeuta, fica em pé, caminha tão rapidamente quanto possível e com segurança por 3 metros em uma linha reta, após retorna a cadeira, senta e permanece na posição inicial e o tempo é cronometrado pelo avaliador (SILVA et al., 2008).

Foi utilizado o teste "Banco de Wells" para avaliar a flexibilidade da articulação coxo-femural. O teste foi realizado solicitando que o paciente sentasse com os joelhos estendidos e apoiasse os pés em uma caixa, deveria colocar uma mão sobre a outra, de modo que os dois dedos indicadores ficassem unidos, apoiados na superfície da caixa, o paciente deveria projetar-se o tronco para frente, flexionando o máxima da sua coluna, o paciente permaneceu na posição máxima alcançada por 2 segundos. Realizou-se três tentativas e maior distância alcançada foi considerada (VIANA; AVELAR; SOARES, 2012).

Foi avaliado ainda a força de preensão palmar, o sujeito se posicionou em uma cadeira sem apoio para os braços, mantendo a coluna ereta, os joelhos com flexão de 90º, ombro em adução e rotação neutra, o cotovelo fletido o a 90º, antebraço em meia pronação e punho permaneceu em posição neutra. O braço deve estar suspenso e com a mão posicionada no dinamômetro. Realizou-se três tentativas e a de maior valor foi considerada para o estudo (SOARES et. al., 2012).

Para maior confiabilidade os testes e o protocolo de atendimento foram realizados sempre pelo mesmo fisioterapeuta.

A descrição detalhada dos componentes do programa de cinesioterapia pode ser visualizada na figura 1:

**Figura 1:** Protocolo do programa fisioterapia aquática.

| | **Técnicas** |
|---|---|
| Aquecimento | Marcha para frente, lateral, posterior, zigue-zague, corrida estacionária e sky-cross; |
| Alongamentos | Globais de MMII e MMSS de forma passiva, ativa e ativa-assistida; alongamentos de oblíquos, reto abdominal, quadrado lombar e paravertebrais de forma ativa-assistida; Alongamento passivo de peitoral; Alongamento de fáscia e paravertebral onde o paciente com as pernas em tesoura, estagiária entre as pernas, o membro superior do paciente está alongado, alongando também os paravertebrais, estagiária força a perna de cima para baixo; |

| | |
|---|---|
| Fortalecimentos | Exercícios de bicicleta com espaguete na região da axila e em flutuação; Fortalecimento isotônico para flexores, extensores, rotadores internos e externos, abdutores e adutores do quadril, flexores e extensores do joelho para MIE e MID; Miniagachamento; Apoio unipodal na cama elástica; Descarga de peso na cama elástica; Com o espaguete na região da fáscia plantar e com o auxílio da fisioterapeuta realizar movimentos de flexão e extensão do quadril; FNP de MMSS e MMII com pesos; Exercícios de dorsiflexão e plantiflexão; Fortalecimento de MMSS com flutuadores para flexores, extensores, abdutores, adutores, abdutores horizontais, adutores horizontais, rotadores internos e externos de ombro, flexores e extensores de cotovelo; Fortalecimento abdominal com cadeia cinética aberta e fechada com resistência da fisioterapeuta; Fortalecimento de abdominal, tronco e MMSS com o paciente encostado na parede e realizando flexão e extensão de ombro e contraindo o abdômen; Bad ragaz para fortalecer flexores, extensores, abdutores, adutores de quadril, dorsiflexores e plantiflexores e músculos laterais, posterior e anterior do tronco; Marcha com caneleira; Afundo; Em pé e com uma bola a frente realizar rotação de tronco para direita e esquerda; Com a plataforma flutuante a frente realizar caminhada com o ombro em flexão de 90º; |
| Motricidade fina | Exercícios de oponência iniciando com o dedo indicador e o polegar e após realizando com todos os dedos; |
| Modulação de tônus | Para o hemicorpo D passivamente; |
| Equilíbrio | Treino de equilíbrio com apoio unipodal na cama elástica; Treino de equilíbrio em bipedestação com apoio bipodal progredindo para unipodal; |
| Relaxamento | DD serpenteio, caminha para frente e posterior,respiração abdominal, turbilhão, massoterapia com bolinha para região cervical, torácica e de ombro. |

Em todas as sessões dividiu-se o tempo para realizar as atividades de aquecimento, alongamento, fortalecimento, exercícios de motricidade fina, equilíbrio, modulação de tônus e relaxamento.
Para maior confiabilidade os testes foram realizados sempre pelo mesmo examinador.

**3. Resultados e discussão**

O acidente vascular cerebral (AVC) é considerado um grande problema de saúde pública, é um distúrbio na função cerebral, de origem vascular. É uma das quatro causas de morte em vários países, é responsável também por deixar muitos pacientes com sequelas neurológicas. Dentro as alterações geradas, a hemiparesia é um dos problemas mais evidentes e causa fraqueza dos músculos em um hemicorpo em decorrência da lesão no encéfalo (SOARES et. al., 2011). Como relatado por este autor gerando uma semelhança com o presente estudo que o paciente apresenta fraqueza do hemicorpo direito, causando dessa forma muitas limitações nas atividades diárias.

De acordo com a tomografia computadorizada de crânio trazida no dia da avaliação tem os seguintes resultados de acordo com o laudo: Exame realizado para controle pós-drenagem de coleção hemorrágica na região parietal esquerda, onde se observa extensas alterações morfoestruturais. Não se observa desvio das estruturas da linha média.

O equilíbrio foi avaliado através da Escala de Equilíbrio de Berg e os resultados podem ser visualizados na Tabela 1.

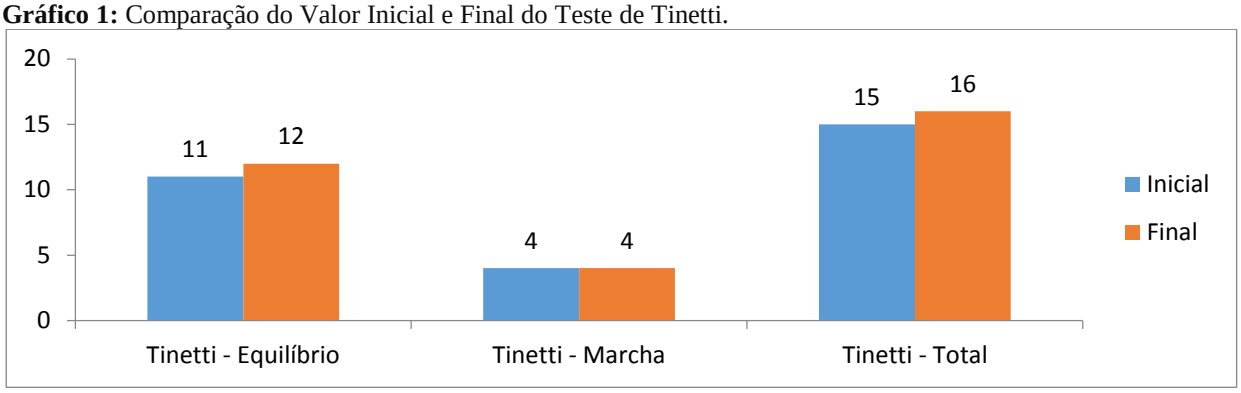
**Tabela 1:** Pontuações da Escala de Equilíbrio de Berg pré e pós-tratamento.

| **Escala de Equilíbrio de Berg** | | |
|---|---|---|
| **Pontuação Máxima** | **Inicial** | **Final** |
| 56 pontos | 45 pontos | 53 pontos |

De acordo com a Escala de equilíbrio de Berg realizada pré e pós tratamento pode se observar que inicialmente o paciente apresentou perda de pontuação de 11 pontos, totalizando 45 pontos, após a intervenção hidrocinesioterapêutica o mesmo obteve melhora do equilíbrio apresentando perda de pontuação de apenas 3 pontos com o total de 53 pontos. Conforme a interpretação da escala tanto no início quanto no final o paciente indicou baixo risco de quedas.

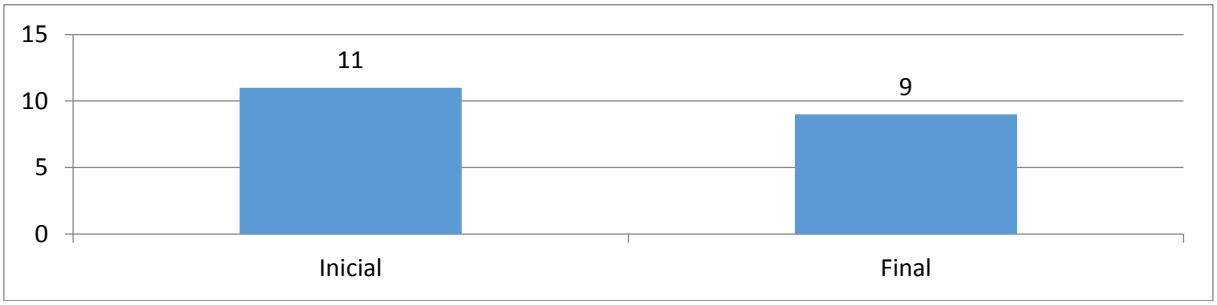
Meneghetti et al (2012), realizaram um estudo de caso com uma indivíduo do sexo feminino, 36 anos e diagnóstico de hemiparesia à esquerda desproporcional com predomínio crural, no qual foi utilizado a Escala de Equilíbrio Funcional de Berg (EEFB). Foram realizadas 24 sessões de 50 minutos cada, duas vezes por semana, durante 3 meses. Antes da intervenção da fisioterapia aquática a pontuação do indivíduo pela EEFB foi de 15 pontos, após a intervenção a pontuação da EEFB foi de 40 pontos. Conclui-se que a participante com AVC apresentou melhora no equilíbrio e na realização das atividades funcionais, corroborando com os achados do presente estudo.

**Gráfico 1:** Comparação do Valor Inicial e Final do Teste de Tinetti.




Conforme o gráfico 1 percebe-se melhora do equilíbrio pré e pós tratamento e a marcha manteve-se igual. Na reavaliação o item "Girar a 360º" melhorou passando para o girar em continuidade.

**Gráfico 2:** Pontuação Inicial e Final para o Teste de Timed Up & Go



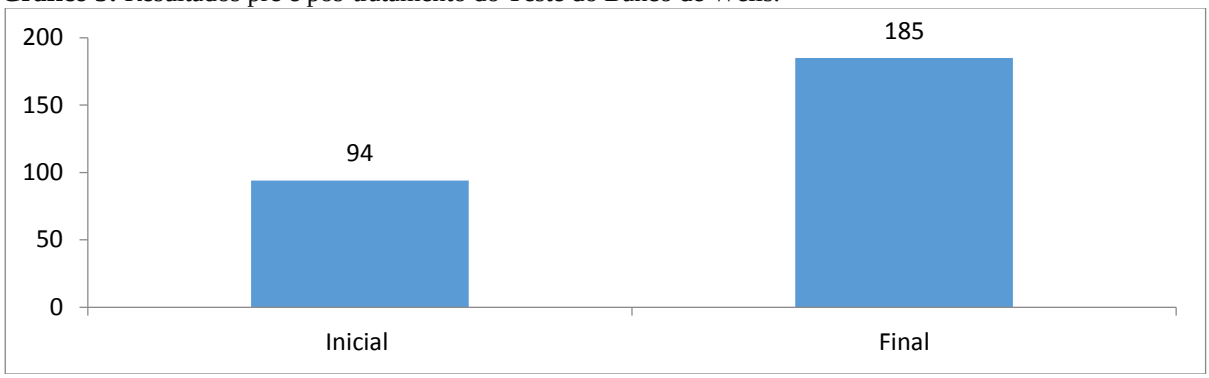

Com relação ao Teste de Timed Up & Go, percebe-se que houve melhora de 2 segundos para completar o teste, totalizando ao final 9 segundos para levantar da cadeira andar por três metros e retornar para a posição inicial.

Estudo realizado por Santos et al., (2011), com o objetivo de avaliar a mobilidade funcional de pacientes com acidente vascular cerebral durante 12 sessões de hidroterapia, recrutaram 10 pacientes com acidente vascular cerebral com idades entre 5 e 85 anos por meio do teste Timed Up and Go. Os pacientes realizaram o teste antes e depois de cada sessão de hidroterapia. Cada indivíduo foi comparado com ele mesmo, a curto prazo (pré e pós-terapia) e a longo prazo (após 12 terapias). Conforme os resultados foi verificado que quando comparados no início e ao final das 12 sessões, os 10 pacientes melhoraram sua performance, tendo diminuição do tempo na execução do teste Timed Up and Go ou seja o programa de exercícios em piscina terapêutica foi benéfico para melhora da performance da mobilidade funcional de pacientes portadores de acidente vascular cerebral. Isso se confirma com o resultado encontrado no presente estudo onde o avaliado também reduziu a tempo para realização do teste.

Silva et al. (2008), objetivaram avaliar o equilíbrio, a coordenação e a agilidade dos idosos submetidos a exercícios físicos, contando com 61 idosos do gênero masculino, com idades entre os 60-75 anos, designados aleatoriamente para um grupo de exercícios resistidos com carga progressiva (n=39) ou para um controle submetido a exercícios sem carga (n=22). O grupo de exercício resistido participou de um programa de 24 semanas, com 3 visitas por semana, em dias não consecutivos. Foram avaliados após o término do treinamento, pela Escala de Equilíbrio de Berg, do Teste de Tinetti e do Timed UP & GO. Após a intervenção, comparando-se os dois grupos verificou-se um melhor desempenho estatisticamente significativo para o grupo experimental em relação ao controle para os testes Timed Up & Go e para o Tinetti total, e para o Tinetti marcha. O programa de treinamento de força durante 24 semanas mostrou-se favorável na melhora dos desempenhos funcional e motores de idosos. Isso se assemelha aos resultados do presente estudo onde o paciente apresentou melhora nos testes de Tinetti equilíbrio e Tinetti total bem como melhora no teste de Timed Up & Go, em um programa de terapia aquática realizado com um paciente pós AVC.

Para avaliação da flexibilidade da articulação coxo-femural foi usado o banco de Wells, que conforme o gráfico 3, percebe-se que após a intervenção fisioterapêutica houve melhora da flexibilidade dessa articulação, passando para 185 centímetros.

**Gráfico 3:** Resultados pré e pós-tratamento do Teste do Banco de Wells.




A tabela 2, apresenta os valores de dinamometria pré e pós tratamento.

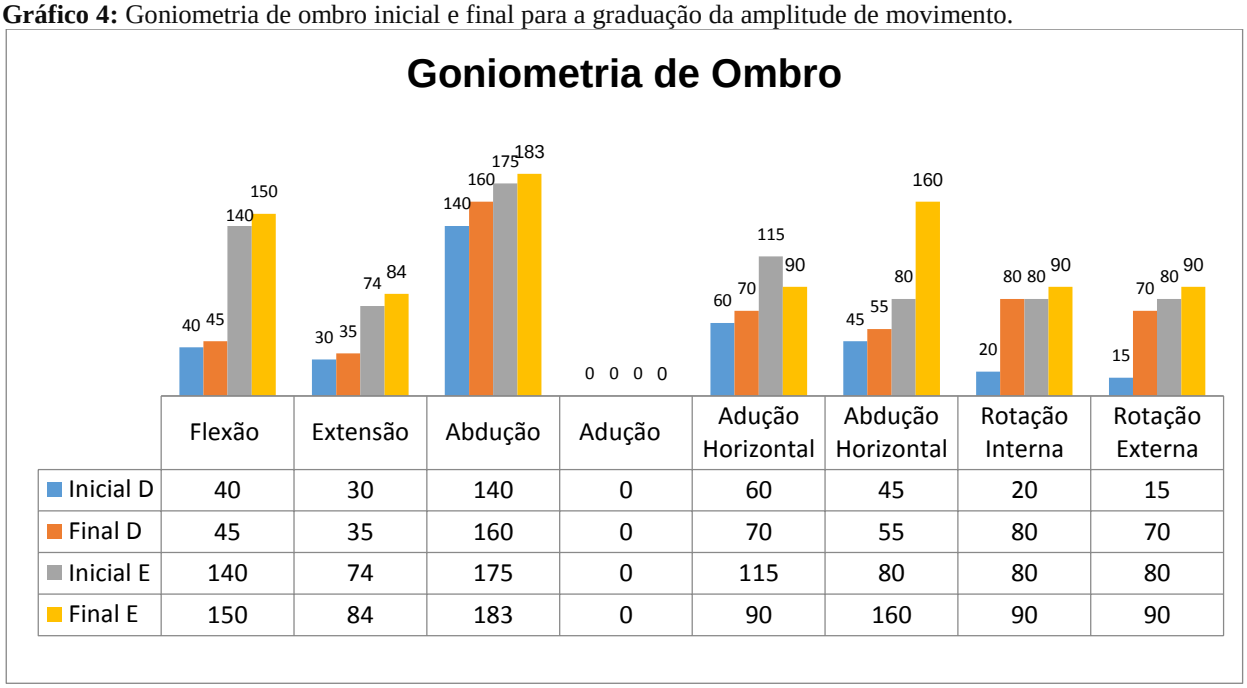
**Tabela 2:** Comparação dos Resultados pré e pós tratamento com relação a força palmar.

| Dinamometria | Inicial | Final |
|---|---|---|
| Membro superior Direito | 0 | 0 |
| Membro superior Esquerdo | 0,6 | 0,7 |

Segundo Soares et al. (2011), a força muscular é a valência física mais importante, e em seu estudo analisou o valor preditivo da dinamometria de preensão manual para recuperação do membro superior parético por AVC, com 43 pacientes hemiparéticos pós-AVC (60,7 anos±12,1). Vários testes (Escala de movimento da mão (EMM), Estesiometria, Teste de caixa e blocos, 9 buracos e pinos, Escala de Ashworth modificada e Índice de Barthel) foram relacionados com a dinamometria de preensão manual. Percebeu-se que a dinamometria apresenta boa correlação com EMM e, contrariamente, os testes de destreza manual, a sensibilidade e o índice de independência funcional não apresentaram valores significativos. A dinamometria é um teste rápido, fácil e acessível, e pode fazer parte dos protocolos de avaliação funcional do membro superior de pacientes hemiparéticos por AVC. Em nosso estudo verificou-se aumento da força de preensão manual no MSE quando avaliado pré e pós tratamento, já no hemicorpo parético no lado direito não houve aumento da força mantendo-se em zero tanto inicial quanto final.

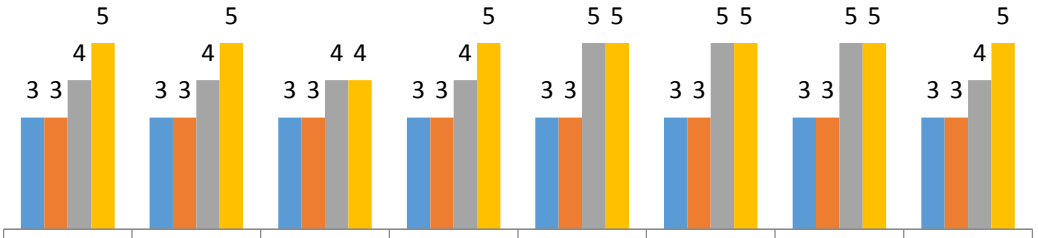
A goniometria foi realizada pré e pós intervenção para membros superiores. Os resultados obtidos demonstram que a amplitude de movimento aumentou para todos os movimentos do ombro (Gráfico 4).

**Gráfico 4:** Goniometria de ombro inicial e final para a graduação da amplitude de movimento.




Os dados com relação ao grau de força muscular do ombro podem ser visualizados no Gráfico 5.

**Gráfico 5:** Sistema de graduação da força muscular inicial e final do ombro.




| | Flexão | Extensão | Abdução Horizontal | Adução Horizontal | Rotação Interna | Rotação Externa | Adução | Abdução |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial D | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Final D | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Incial E | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Final E | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Houve melhora da força muscular avaliada em solo para os movimentos de flexão, extensão, adução horizontal e abdução de membros superior esquerdo. Para o membro superior direito a força muscular permaneceu a mesma.

Nos dias atuais o membro superior hemiparético em consequência do AVC, é muito valorizado para promover a independência funcional e atualmente vem ganhando mais atenção e cuidados dentro do processo reabilitacional. Para isso a avaliação fisioterapêutica é muito importante, pois possibilita qualificar e quantificar os comprometimentos após o AVC. Pois é através dela que o tratamento fisioterapêutico será efetuado de maneira correta e com foco exclusivo aos danos causados após o AVC (SOARES et. al., 2011).

Devido a espasticidade ocorrem restrição dos movimentos e postura estática dos membros. A espasticidade no membro superior, está presente mais acentuadamente nos retratores da escápula; adutores, depressores e rotadores internos do ombro; flexores do cotovelo; pronadores do antebraço; flexores de punho e dedos. No pescoço e tronco pode causar inclinação (aumento da flexão lateral) para o lado hemiplégico. No membro inferior, são os retratores pélvicos; adutores, rotadores internos e extensão do quadril; extensores do joelho; flexores plantares; supinadores e flexores dos dedos (BASTOS, et al., 2016). Com o nosso estudo verifica-se restrição nos movimentos e fraqueza muscular principalmente em MMSS.

Sem tratamento, a presença de espasticidade causa disfunções musculoesqueléticas como contraturas e deformidades, que interferem com a postura e a funcionalidade, produzindo complicações secundárias. Os pacientes hemiplégicos apresentam dois mecanismos para formação de contraturas que são, a presença de espasticidade e a inatividade (BASTOS et al., 2016).

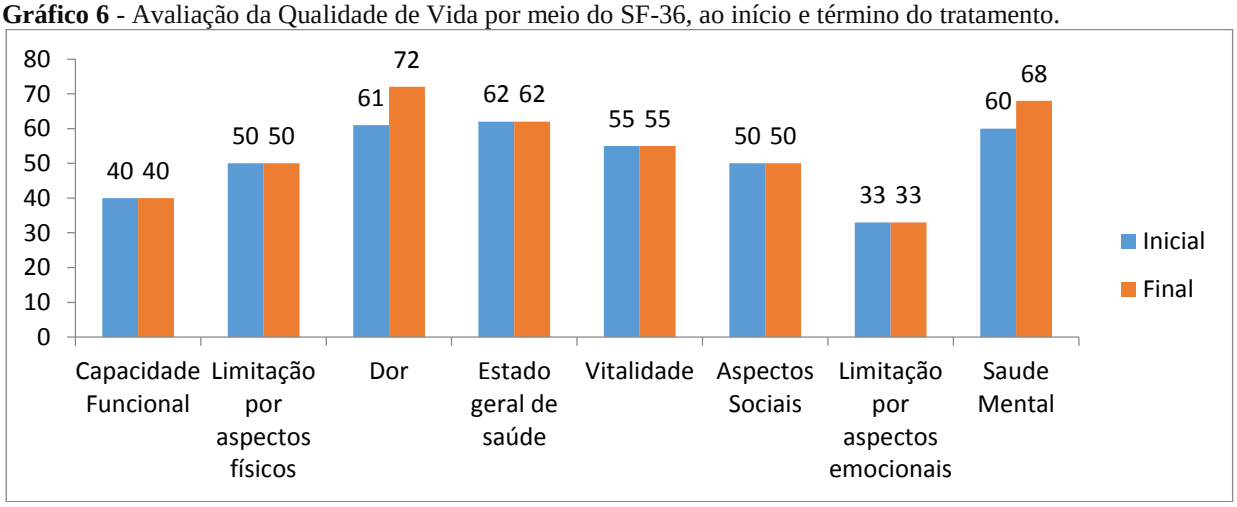
De acordo com Bastos et al. (2016) quando a força muscular voluntária está ausente, movimentos passivos relaxados são usados para prevenção de contraturas e para manter a amplitude das articulações. Uma amplitude de movimentação completa é essencial, mas se isto for limitado pela dor, o movimento deve ser conduzido através de uma amplitude tão grande quanto possível. Tão logo a força voluntária comece a retornar, exercícios ativos substituem os movimentos passivos (BASTOS et al., 2016). No paciente do presente estudo verificou-se que a ADM passiva realizada em abdução e rotação externa de ombro de MSD era limitada, onde o paciente relatava dor ao realizar estes movimentos, por isso a ADM passiva era realizada até o limite do paciente.

O fortalecimento muscular, conseguido através de levantamento de pesos (musculação) ajuda na estabilidade articular, força muscular e resistência, melhorando a postura, a deambulação e as demais atividades da vida diária. Esse treinamento, pode incluir sessões de três a quatro dias na semana (LEITE; BATISTA; CORRÊA, 2009).

Com relação a Escala de MME (MINIMENTAL STATE EXAMINATION) o paciente atingiu a pontuação máxima, por isso na reavaliação a escala não foi realizada, visto que com relação ao estado cognitivo o mesmo encontrava-se normal.

Segundo Scalzo et al. (2010), em seu estudo que foi aplicado um questionário para obter os dados sócio-demográficos, o Mini-Exame do Estado Mental para avaliar a função cognitiva e o SF-36 (The Medical Outcomes Study 36-item Short-Form Health Survey) para avaliar a QV. Onde foram avaliados 47 pacientes, com idade média de 60,4 (±10,1), sendo o tratamento realizado em solo. Foram observados baixos escores em todos os domínios do SF-36, principalmente nos aspectos físicos e capacidade funcional. Os escores no domínio capacidade funcional foram menores nos pacientes que necessitavam de auxílio para deambulação ou estavam restritos à cadeira de rodas. Seu estudo corrobora com outros estudos que mostram a piora da QV em sobreviventes de AVC, principalmente pelo comprometimento dos aspectos físicos e capacidade funcional. No nosso estudo após o tratamento na terapia aquática, houve melhora somente da dor e estado mental e sendo o menor escore a limitação por aspectos emocionais no início e ao final do tratamento, com valores ilustrados no Gráfico 6.

**Gráfico 6** - Avaliação da Qualidade de Vida por meio do SF-36, ao início e término do tratamento.




Existem diversos fatores que parecem contribuir para o declínio da QV em sobreviventes de AVC, podendo ser citadas a idade avançada, a gravidade dos sintomas motores, a incapacidade de retornar ao trabalho, o prejuízo cognitivo, e a presença de comorbidades (PATEL, et al., 2006).

Segundo Biasoli e Machado (2013), dentre as pesquisas publicadas há efeitos terapêuticos da hidroterapia já comprovados por evidência científica, que destacam-se os benefícios como aumento da amplitude de movimento, diminuição da tensão muscular, relaxamento, analgesia, melhora da circulação, incremento na força e resistência muscular, equilíbrio e propriocepção proporcionando melhora da qualidade de vida de pacientes com AVC.

**4. Conclusão**

Foi possível verificar que um programa de fisioterapia aquática utilizando a metodologia de um protocolo com diversos exercícios foi eficaz no aumento da força muscular do membro superior contralateral ao acometido, aumento da flexibilidade do quadril, aumento do equilíbrio, aumento da ADM de ambos os membros inferiores, como também melhora qualidade de vida do paciente.

Sugere-se ainda, mais estudos com um período de tempo maior e com mais pacientes para avaliar o protocolo de tratamento, uma vez que estudos científicos a esse respeito ainda são militados.

**Referências:**

BASTOS, V. P. D. Benefícios da hidroterapia nos pacientes portadores de sequela de acidente vascular cerebral: uma revisão da literatura **Suplemento**, p. 7-14, 2016.

MEEREIS, E. C. W.; MOTA C. B.; SILVA A. D.; SCHMIDT A.; Força Muscular de Membros Inferiores: Uma Revisão Sistemática sobre Métodos de Avaliação Utilizados na Fisioterapia. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, V. 17, N. 4, pág. 401-406, 2013.

MENEGHETTI, C. H. Z. et al. A influência da fisioterapia aquatic na função e equilíbrio no acidente vascular cerebral. **Rev. Neurociências**, 2012;

O'SULLIVAN S. B, SCHMITZ T. J. **Fisioterapia: Avaliação e Tratamento**. 5ª Ed. São Paulo: Manole; 2010. p.519-617.

PATEL M. D,et al. Relationships between long-term stroke disability, handicap and healthrelated quality of life. **Age and Ageing**; v.35, pág. 273-279, 2006.

SANTOS, D. G. Avaliação da mobilidade funcional do paciente com sequela de AVC após tratamento na piscina terapêutica, utilizando o teste Timed Up and Go. **Einstein**, v. 9, n. 3, pág 302-306, 2011.

SCALZO P. L. Qualidade de vida em pacientes com Acidente Vascular Cerebral: clínica de fisioterapia Puc Minas Betim. **Revista Neurociências**, v.18, n.2, pág 139-144, 2010.

SILVA, A. Equilíbrio, Coordenação e Agilidade de Idosos Submetidos à Prática de Exercícios Físicos Resistidos. **Revista Brasileira Medicina Esporte**, v. 14, n. 2, pág, 88-93, 2008.

SOARES, A. V.; Kerscher C.; Uhlig L.; Domenech S. C.; Borges Júnior N. G. Dinamometria de preensão manual como parâmetro de avaliação funcional do membro superior de pacientes hemiparéticos por acidente vascular cerebral. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 4, pág. 359-64, 2011.

SOARES, A. V. et al. Correlação entre os testes de dinamometria de preensão manual, escapular e lombar. Rev. **Acta Brasileira do Movimento Humano**, Vol.2, n.1, pág. 65-72, 2012.

VIANA, K. R. F; AVELAR, L. F. S.; SOARES, M. C. R. Avaliação da mobilidade articular do quadril e coluna em mulheres praticantes de atividade física. **Caderno Pesquisa**, v. 19, n. 2, pág 50-53, 2012.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RELAÇÃO DO USO DA BANDAGEM NO DESEMPENHO FUNCIONAL DE INDIVÍDUOS JOVENS

**Tábata Ticiani**
**Caroline Bavaresco**
**Lutieli Valerio**
**Jéssica Passarin da Silva**
**Joice Paula Sabedot**
**Camila Gnoatto**
**Clara Eleonora Goellner Roemmler**
**Amanda Beneduzi**
**Luiza Amaro Gazzo**
**Leonardo Calegari**
**Gilnei Lopes Pimentel**
Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo, RS. Grupo de Estudos e Pesquisa em Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor.
E-mail: gepebral@gmail.com

***Resumo.*** *O objetivo do trabalho foi analisar quais são os efeitos da bandagem elástica na performance muscular por meio do salto vertical dos músculos extensores do joelho. Trata-se de um estudo transversal experimental com 31 indivíduos, com idade entre 18 e 24 anos, que não apresentavam patologias e cirurgias prévias em membros inferiores. As avaliações consistiram na aplicação da bandagem elástica funcional no músculo reto femoral do membro dominante, seguida da avaliação de salto vertical na plataforma ergo jump. Avaliação e reavaliação foram realizadas com intervalo de 48 horas. O teste t de Student foi usado para análise estatística dos dados, verificou-se que a média dos valores na avaliação pré-intervenção foi de 20,13 ± 4,41cm, e na reavaliação após 48h houve um aumento para 22,01 ± 3,12cm, resultado estatisticamente significativo (p=0,03). Pelos resultados expostos, conclui-se que, após 48 horas da aplicação funcional da bandagem, obteve-se uma melhora na performance do impulso vertical.*

***Palavras chaves:*** *Fita atlética, impulso vertical, fisioterapia.*

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de bandagem funcional (BF) tem crescido com a proposta de modificar e ativar o sistema proprioceptivo. Esse método consiste na aplicação de uma fita elástica sem substâncias químicas, com textura e elasticidade muito parecidas com a pele humana. Ela pode ser usada de diferentes formas e em diversas regiões corporais, fornecendo suporte para os músculos e as articulações, sem interferir na amplitude de movimento. Acredita-se que a BF aplicada sobre a pele envia estímulos sensoriais, ativando os mecanorreceptores encontrados na derme e epiderme, que por sua vez estimulam mecanismos modulatórios dentro do sistema nervoso central, promovendo uma resposta satisfatória para o local desejado.

Diversas modalidades esportivas vem crescendo nos últimos anos,sendo o salto vertical um dos principais movimentos, no qual se faz necessário realizar algumas intervenções e avaliações para melhorar o desempenho físico do indivíduo. Para mensurar alguns efeitos dessa técnica, foi escolhido o Ergo Jump, que é usado para medir o desempenho muscular no salto vertical, sendo uma forma bastante comum para a avaliação da força e potência. O impulso gerado pela ação muscular no momento do salto é otimizado através da utilização do mecanismo fisiológico denominado Ciclo Alongamento-Encurtamento (CAE). Este mecanismo proporciona uma maior potência quando a ação muscular excêntrica é seguida imediatamente por uma ação muscular concêntrica.

Entretanto, mesmo que alguns pesquisadores relatam que a bandagem funcional (BF) tenha um efeito positivo sobre a dor de curto prazo e na amplitude de movimento, outros estudos mostram que a bandagem funcional(BF) por ser uma técnica nova, a sua eficácia ainda é controversa, devendo ser uma técnica mais investigada.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da bandagem elástica sobre a impulsão vertical.

## 2. METODOLOGIA

A amostra foi composta por 31 indivíduos de ambos os gêneros com idade entre 18 e 24 anos, sem patologias em membro inferior. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Cômite de Ética em pesquisa em Seres Humanos da UPF, sob protocolo 81215317.70000.5342. As avaliações foram realizadas no laboratório de Biomecânica da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da UPF, utilizando a bandagem elástica aplicada com leve tensionamento (25 – 35%), de proximal para distal sobre o músculo reto femoral, com o intuito de estimular a atividade dessa musculatura do membro dominante.

Foram submetidos a três saltos verticais em posição protocolar e com o intervalo de 30 segundos entre eles, com as mãos na cintura, realizando um mini agachamento e se mantendo ereto na hora da aterrissagem, sendo reavaliados após 48 horas utilizando o mesmo protocolo e levando em consideração o valor do salto mais alto (Figura 1). Para avaliar a performance do salto foi utilizado o instrumento Ergo Jump®, que é um tapete composto por circuitos eletrônicos que podem mensurar o tempo em que o indivíduo fica sem contato com o mesmo, durante a execução do salto, com precisão de milisegundos, acoplado a um “software” que calcula a elevação do centro de gravidade, em centímetros e milímetros (ex. 45,7 cm), através da fórmula, h = t2 x g x 8 '1.

Figura 1. Posicionamento do indivíduo para realização da avaliação pré e pós intervenção.
Fonte: Autor.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar os resultados, verificou-se que a média dos participantes na avaliação pré-intervenção foi de 20,13 ± 4,41cm, e na reavaliação após 48h houve um aumento para 22,01 ± 3,12cm, resultado estatisticamente significativo (p=0,03) após aplicação do teste t de *Student*.

Os resultados positivos encontrados no presente estudo vão de encontro ao estudo de Tinoco et al onde foi avaliada a influência da bandagem neuromuscular no músculo quadríceps, que foi aplicada em forma de Y, e no músculo tríceps sural, aplicada em forma de I, e verificou-se que não produziu alterações neurofisiológicas suficientes capazes de influenciar o desempenho de indivíduos na execução do salto vertical ou na capacidade do organismo de retardar os efeitos da fadiga muscular.

Em estudo recente, Mendez-Rebolledo avaliou um grupo de atletas de diferentes modalidades em relação à performance no salto vertical. Eles completaram um único salto de agachamento e contra-movimento durante a avaliação, e 24 e 72 horas após a aplicação da BF sobre o glúteo máximo, bíceps femoral, reto femoral e gastrocnêmio medial. A BF não teve efeitos após 24h, porém com 72h da aplicação, aumentou a altura do salto (p=0,02).

Os resultados também corroboram com os achados de Mostaghim et al, que, em pesquisa envolvendo 44 indivíduos de ambos os gêneros, utilizou a BF sobre o quadríceps no lado dominante. Dentre as variáveis, o salto vertical foi mensurado e demonstrou aumento nos valores ($p \leq 0,05$) após 24h da aplicação.

Já o estudo de Davison et al, mostrou os efeitos da BF na inibição de um grupo muscular. Os atletas participantes foram medidos por um dispositivo de salto vertical para determinar a altura saltada, bem como a máquina de eletromiografia (EMG) para determinar a quantidade de atividade muscular. Após a fita ser aplicada, cada participante completou mais seis saltos verticais na perna dominante. Os três primeiros saltos mediram a atividade muscular e os

últimos três saltos mediram a altura do salto vertical, sendo que os valores que foram obtidos no EMG mostram que houve uma diminuição na atividade muscular durante o salto vertical, isso vai de encontro ao presente estudo.

## 4. CONCLUSÃO

No presente estudo pode-se concluir que após 48 horas da aplicação funcional da bandagem, obteve-se uma melhora na performance do impulso vertical.

## 5. REFERÊNCIAS

KASE, K; TATSUYUKI H, TOMOKO O. Development of Kinesio tape. Kinesio Taping Perfect Manual. *Kinesio Taping Association*. Jun 6;(10): 117-8. 1996.

KASE, K; WALLIS, J; KASE, T. Clinical Therapeutic application of the Kinesio Taping Method. 2nd ed. Tokyo, Japan: *Ken'i-kai Information*; 2003.

CRONIN, J.B.; HING, R.D.; McNAIR, P.J. Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, Champaign*, v. 18, n. 3, p.590-593, 2004.

BOSCO, C. et al. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *European Journal of Applied Physiology*, v.70, p.379-86, 1995.

TINOCO, M. L. A. et al. Influência da Bandagem Neuromuscular no Desempenho do Salto Vertical. Persp. online: *Biol & Saúde*, Campos dos Goytacazes, 7 (2), 62-75, 2012.

MENDEZ-REBOLLEDO, G; RAMIREZ-CAMPILLO, R; GUZMAN-MUNOZ, E. et al. Short-Term Effects of Kinesio Taping on Muscle Recruitment Order During a Vertical Jump: A Pilot Study. *J Sports Rehabil*, Jul 1;27(4):319-326. 2018.

MOSTAGHIM, N. et al. The effect os quadríceps famoris muscle Kinesio Taping on physical fitness índices in non-injured athletes. *Sports Med Phys Fitness*. Dec;56(12):1526-1533. 2016.

DAVISON, E. A. et al. Efeito Inibidor do Método Kinesio Taping® no Músculo Gastrocnêmio. *Revista Americana de Ciências do Esporte e Medicina*. 4 (2): 33-38. doi: 10.12691 / ajssm-4-2-2. 2016.

FURTADO G. de S.; de MELO R. R.; GARCIA M. A. C; Desempenho de atletas de voleibol do sexo feminino em saltos; *Revista eletrônica da Escola de Educação Física e Desportos*- UFRJ; V.2, N.2; 2006

DJORDJEVIC, O. C. et al. Mobilização com movimento e kinesio taping em comparação com um programa de exercícios supervisionados para ombro doloroso: resultados de um ensaio clínico. *J Manipulative Physiol Ther*; 35: 454-463. 2012.

GOMEZ-SORIANO, J. et al. Os efeitos do Kinesio taping no tônus muscular em indivíduos saudáveis: um estudo cruzado duplo-cego, controlado por placebo. *Man Ther;* 19 : 131-136. 2014.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# RESPOSTA MUSCULAR ISOMÉTRICA AO USO DA BANDAGEM FUNCIONAL

**Tábata Ticiani**
**Caroline Bavaresco**
**Lutieli Valerio**
**Jéssica Passarin da Silva**
**Joice Paula Sabedot**
**Camila Gnoatto**
**Clara Eleonora Goellner Roemmler**
**Amanda Beneduzi**
**Luiza Amaro Gazzo**
**Leonardo Calegari**
**Gilnei Lopes Pimentel**
Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo, RS. Grupo de Estudos e Pesquisa em Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor.
E-mail: gepebral@gmail.com

***Resumo.*** *O objetivo foi avaliar os efeitos do uso da bandagem elástica funcional. É um estudo experimental transversal com 19 indivíduos do gênero feminino, com idade entre 18 e 24 anos que não apresentam patologias e cirurgias prévias em membros inferiores. As avaliações consistiram da aplicação de eletrodos e da bandagem elástica funcional no ventre do músculo reto femoral do membro dominante, seguido da verificação da atividade eletromiográfica no eletromiógrafo de superfície, concomitantemente à avaliação isométrica a 60º no dinamômetro computadorizado. Foram realizadas avaliação e reavaliação com intervalo de 48 horas. Utilizou-se teste t de student para análise estatística dos dados. Demonstrou-se uma média de pico de torque isométrico pré de 177,7 ± 32,8 Nm e no pós de 180,3 ± 31,7 Nm, e da atividade eletromiográfica no pré de 258,3 ± 109,7µV, e no pós de 282,6 ± 152,9µV. Com os resultados encontrados, a bandagem elástica funcional não altera a atividade e a força muscular isométrica à 60º dos extensores de joelho.*

***Palavras chaves :*** *Dinamômetro de força muscular, fita atlética, força muscular.*

## 1. INTRODUÇÃO

A bandagem elástica funcional é um recurso que, recentemente, vem sendo disseminado. Sua aplicabilidade apresenta-se cada vez mais diversificada dentro da área de atuação fisioterapêutica e na área desportiva. As bandagens funcionais (BF) foram criadas pelo Dr. Kenzo Kase, sob a denominação de *KinesioTaping* (KT), e são consideradas um método de auxílio na reabilitação das alterações do sistema neuromusculoesquelético. Um dos efeitos preconizados por KASE; WALLIS; KASE (2003) seria o aumento na ativação muscular e na produção de força, o que levaria a uma melhora do desempenho de atletas, e também no exercício físico.

Conforme o criador do método, a tração sobre a pele, imediatamente abaixo da bandagem, otimiza a comunicação neural com os mecanoceptores, aumentando o número de unidades motoras recrutadas durante a contração muscular. Assim, quando aplicada com princípio de facilitação, é capaz de melhorar a força, auxiliando na restituição das disfunções, ao reforçar músculos hipoativos ou inativos. As pesquisas que revelaram este efeito muscular relatam que o aumento do tônus e do recrutamento de unidades motoras, podem ser explicados por meio de um efeito reflexo sobre o sistema nervoso. Há, ainda, um aumento da atividade eletromiográfica que provém da estimulação cutânea e da comunicação com os

tecidos mais profundos proporcionada pela BF, ao atuar nos mecanoceptores da pele e da epiderme (KASE; WALLIS; KASE, 2003).

No entanto, estudos científicos apresentam resultados controversos sobre os efeitos desse método de intervenção e ainda carecem de informações por meio de pesquisas clínicas bem delineadas. Dentro desse contexto, para avaliar a ativação muscular há a eletromiografia de superfície, onde ela fornece dados sobre o padrão de atividade elétrica muscular, definindo de forma objetiva a variação no número de recrutamento de unidades motoras e a oscilação na velocidade de condução dos potenciais de ação (MIURA; SAKURABA, 2014). Já, para o pico de torque, a dinamometria computadorizada, utilizada para avaliar o padrão funcional de força e equilíbrio muscular.

Diante disso, esse estudo tem como objetivo analisar o efeito do uso da bandagem elástica funcional no pico de torque isométrico e na atividade eletromiográfica dos músculos extensores de joelho.

## 2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo experimental transversal, onde a amostra foi composta por 19 indivíduos do gênero feminino, com idade entre 18 e 24 anos, que não apresentaram patologias ou cirurgias prévias em membros inferiores. Os interessados foram informados sobre os objetivos da pesquisa e convidados a participar do estudo através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Os critérios de exclusão consistiram em indivíduos com idade inferior a 18 anos (menores de idade) ou superior a 24 anos, e que apresentavam quaisquer patologias e/ou cirurgias prévias em membros inferiores.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade de Passo Fundo (UPF), sob o protocolo 81215317.7.0000.5342 e posteriormente iniciado o estudo. A coleta de dados seguiu com a leitura e assinatura do TCLE pelo indivíduo e autorização do responsável pelo Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia (FEFF) da UPF. No laboratório onde as avaliações foram realizadas, foi mantida uma temperatura ambiente de 23°C. Ainda, as avaliações foram realizadas somente no membro dominante e em músculos extensores de joelho e se deram na seguinte ordem: posicionamento dos eletrodos do eletromiógrafo em musculatura extensora de joelho (reto femoral), aplicação da bandagem funcional e avaliação do pico de torque isométrico no dinamômetro computadorizado.

A bandagem elástica funcional foi aplicada sobre o ventre do músculo reto femoral da coxa dominante do indivíduo, sendo que o mesmo estava em decúbito dorsal com o membro relaxado e estendido. Foi feita a mensuração, com uso de fita métrica, da espinha ilíaca ântero-superior até a base da patela, e posterior aplicação da bandagem com um tensionamento classificação leve (de 25 a 35%). Utilizou-se a bandagem padrão da cor bege, aplicando-a de proximal para distal. A técnica de colocação da bandagem foi realizada pelo mesmo pesquisador em todos os indivíduos.

A avaliação eletromiográfica ocorreu concomitantemente à avaliação dinamométrica computadorizada (Figura 1). Uma tricotomia foi realizada sobre os locais onde os eletrodos seriam posicionados, seguida da assepsia com algodão e álcool 70%. O posicionamento dos eletrodos se deu no ventre do músculo reto femoral, com distância de 20 mm um do outro e o eletrodo de referência sobre a face anterior do antebraço, seguindo a recomendação da SENIAN - *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (HERMENS et al, 1999). Seguiu-se com a calibração do eletromiógrafo e a realização dos movimentos de extensão do joelho, de forma a que os dados EMG fossem adquiridos.

Figura 1. Posicionamento do indivíduo para realização da avaliação pré e pós intervenção.
Fonte: Autor.

O experimento foi iniciado com o indivíduo posicionado de acordo com as referências e orientações do fabricante do equipamento, orientando o dinamômetro a 90°, com uma inclinação do encosto de 85°. Para uma maior estabilidade e a fim de minimizar movimentos extracorpóreos que pudessem influenciar na avaliação, foi utilizado um par de cintos de ombro, que inicia da parte superior da cadeira, estendendo-se anteriormente ao tronco até a lateral da base do assento, já na parte anterior do tronco foi utilizado um cinto pélvico, além do cinto em volta da coxa e no tornozelo do membro a ser testado a 2 cm acima do maléolo lateral. O eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com o eixo da articulação do joelho, côndilo lateral do fêmur. A correção da gravidade foi obtida medindo-se o torque exercido pelo braço de resistência e a perna do avaliado (relaxada) na posição de extensão terminal. Através deste dado os valores das variáveis isocinéticas foram automaticamente ajustados para gravidade pelo programa *Biodex Advantage Software* (VIDMAR et al., 2011).

Após seguiu-se com o protocolo isométrico unilateral para a musculatura extensora do joelho, sendo realizadas três repetições na angulação de 60º, seguido de um repouso entre cada repetições de 60 segundos, com um período de contração isométrica de 5 segundos. No momento da avaliação foi solicitado a cada participante força máxima, através de *feedback* visual (por meio do monitor do computador do *Biodex)* e verbal (VIDMAR et al., 2011). Após 48 horas as avaliações foram repetidas, por meio dos mesmos avaliadores, utilizando os mesmos parâmetros.

Os dados foram normalizados por meio do teste de Shapiro-Wilk, seguido do teste *t de student*, para análise dos dados, adotando um $p \leq 0,05$ significativo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A média dos valores do pico de torque isométrico da musculatura extensora de joelho no pré foi de 177,7 ± 32,8 Nm , e no pós de 180,3 ± 31,7 Nm. Já a média dos valores da atividade eletromiográfica no pré foi de 258,3 ± 109,7 µV, e no pós de 282,6 ± 152,9 µV. No teste *t de student*, não foi verificado diferença significativa.

Csapoa e Alegrec em uma revisão sistemática e meta-análise sobre KT e força muscular, concluíram que KT não aumenta a força muscular em indivíduos saudáveis e, provavelmente, os efeitos também não são dependentes do tipo e segmento muscular. Isso corrobora com os resultados encontrados no presente estudo, concluindo que KT não é capaz de melhorar a força em indivíduos saudáveis. Já para Naranjo e Rodrigues-Fernandez, há uma divergência entre os resultados, pelo fato da aplicação do KT restringir-se ao músculo reto femoral, uma vez que outros músculos também estão envolvidos no movimento, isso vai ao encontro do presente estudo.

Em um estudo, Regulski desenvolveu um ensaio clínico randomizado com 50 indivíduos, onde utilizou a dinamometria computadorizada e a eletromiografia de superfície, posicionando a bandagem sobre o reto femoral. Após dois dias da colocação, foi realizada uma nova avaliação, constatando não ter havido modificações significativas na força ou no sinal eletromiográfico, o qual ratifica os dados encontrados.

Um estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da bandagem funcional no tônus do músculo vasto medial durante contrações isométricas em pessoas saudáveis, onde foi subdividido em dois protocolos, sendo que no primeiro a EMG foi realizada antes da colocação da bandagem, após 10 minutos, 24h, 72h e 96h após aplicação da bandagem. No segundo grupo a EMG foi realizada antes da aplicação da bandagem e após 24h de uso, removida em 36h e realizou-se outra EMG após 48h. Os resultados gerados constataram que a bandagem aumentou sua atividade bioelétrica em 24h, sendo menor após 72h, e após 96h houve diminuição do tônus ao valor basal. Concluíram que o tempo efetivo de uso da bandagem é maior a curto prazo e que promovem alterações na atividade elétrica muscular (SLUPIK et al., 2007), isso corrobora com o presente estudo. É importante ressaltar que os materiais e métodos do estudo não abordaram detalhes sobre os procedimentos realizados para a coleta do pico de torque, e de acordo com os autores, esta análise foi feita indiretamente por meio da média da atividade mioelétrica em µV observada entre as condições.

Os nossos resultados refutam nossa hipótese inicial de que a KT promoveria aumento da ativação muscular e do pico de torque isométrico dos extensores do joelho nessa população. Nossos dados estão de acordo com os estudos de Lins et al. e Yeung et al, que avaliaram o desempenho neuromuscular do quadríceps e não observaram diferenças significativas após a aplicação da bandagem em indivíduos jovens e saudáveis, sugerindo que a ausência de efeito da BF era em decorrência dos participantes não apresentarem comprometimento muscular.

Estudos experimentais de Fu et al. e de Vithoulka et al. têm sugerido que o KT, aplicado no quadríceps femoral, não tem efeito imediato no pico de torque concêntrico em sujeitos saudáveis, nem no pico de torque isométrico como observa-se no presente estudo. Relata-se que essa técnica aplicada em pessoas saudáveis pode não potencializar, imediatamente, o desempenho muscular devido às mesmas não

possuírem déficits que o comprometa. Assim, pode ser necessário um período de treinamento utilizando o KT, dessa forma o mesmo poderia potencializar os efeitos desse treinamento, consequentemente, melhorando a performance. Portanto, esses indivíduos poderiam ser mais beneficiados com a aplicação dessa técnica em longo prazo, por exemplo, durante um programa de exercício, com faixa sendo aplicada e retirada a cada sessão.

## 4. CONCLUSÃO

O uso da bandagem elástica funcional não foi eficaz na alteração do pico de torque isométrico à 60º e na atividade eletromiográfica dos músculos extensores de joelho, após 48 horas da sua aplicação.

## 5. REFERÊNCIAS

CSAPOA, R; ALEGREC, L. M. Effects of Kinesio® taping on skeletal muscle strength-A meta-analysis of current evidence. *J Sci Med Sport*. 2015.

FU, T. C. et al. Effect ok Kinesio Taping on muscle Strength in athletes - A pilot study. *J Scl Med Sport*. 11 (2): 198-201. 2008.

HERMENS, H. J. et al. SENIAN: Europen recommendations for surface electromyography. *Roessingh researc and development*. 8(2): 13-54. 1999.

KASE, K; WALLIS, J; KASE, T. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. Tokyo: *Ken IkaiCo. Ltd*., 2003.

LINS, C. A. A. et al. Kinesio Taping ® does not alter neuromuscular performance of femoral quadriceps or lower limb function in heakthy subjects: Randomized, blind, controlled, clinical trial. *Manual Therapy***.** v.18, p. 41-45, 2013.

MIURA, T.; SAKURABA, K. Properties of Force Output and Spectral EMG in Young Patients with Nonspecific Low Back Pain during Isometric Trunk Extension. *Journal of physical therapy science*, v.26, n.3, p.323, 2014.

NARANJO, E.; RODRIGUEZ-FERNÁNDEZ, A. L. El método Kinesio Taping mejora immediatamente el equilibrio monopodal en desportistas mayores sanos. *Fisioterapia*,2013.

REGULSKI, B. Effects of elastic taping on the neuromuscular system [dissertation]. Marburg: *Philipps-Universität Marburg*; 2013.

SLUPIK, A. et al. Effect of Kinesio Taping on bioelectrical activity os vastus medialis muscle: preliminary report. *Rev Ortop Traumatol Rehabil;* 9:644-51. 2007.

VIDMAR, M. F. et al. Efeito do feedback visual e encorajamento verbal na contração isométrica do quadríceps. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA*, 14.,2011, Ribeirão Preto. Anais,p. 147. Ribeirão Preto, 2011.

VITHOULKA, I. et al. The effects of Kinesio Taping on quadríceps strength during isokinetic exercise in healthy non athlete women. *Isokinetics and Exercise Science*. 18:1-6. 2010.

YEUNG, S. S. et al. *Clin J Sport Med*. 25: 284-90. 2015.

CONIGTI

# Medicina Veterinária:

# Anatomia de Animais de Produção

REALIZAÇÃO:

URI

ERECHIM

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PROCESSO DE CRIODESIDRATAÇÃO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO INFERIOR DE UM SUÍNO

**BEDENDO, Sabrina**
URI Erechim
sabrinabedendo@hotmail.com
Rua: Albino Gasparetto, 125 - Erechim RS.

**BONET, Daniel Carlos**
URI Erechim
carloscbonet@gmail.com
Rua: Jacoh Loch, 106 – Erechim RS.

**BONET, Daniela**
URI Erechim
dany.bonet@hotmail.com
Rua: Jacoh Loch, 106 – Erechim RS.

**BRUSTOLIN, Jozias**
URI Erechim
Jozias.brustolin@outlook.com
Rua: Olimpio Pensin, 195 - Jacutinga RS.

**CARVALHO, Gabriella**
URI Erechim
gabriellac781@gmail.com
Rua: Roselandia, 92 – Erechim RS.

**CEMBRANEL, Lindomar**
URI Erechim
kuki.cembra@gmail.com
Rua: Marechal Floriani, 444 – Erechim RS.

**SILVA, Maico Ernani Alves da**
URI Erechim
maico.alves12@hotmail.com
Rua: Borges de Medeiros, 1665 – Getúlio Vargas RS.

**OLIVEIRA, Daniela dos Santos de**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
danielaoliveira@uricer.edu.br

**ALMEIDA, Mauro Antônio de**
URI- Campus I Av Sete de Setembro- Erechim RS.
maurodealmeida@uricer.edu.br

***Resumo.*** *A criodesidratação é uma técnica antiga que utiliza seções de congelamento e descongelamento para obter peças anatômicas inodoras, leves e de fácil utilização em laboratórios de anatomia. Neste processo foi utilizado um pulmão de suíno. Os principais resultados foram o órgão mais leve, de coloração mais escura e inodoras. Concluiu-se que o processo de criodesidratação foi eficaz, de baixo custo e fácil manejo.*

***Palavras-chaves:*** *Criodesidratação, pulmões, suíno*

1. ***Abstract.*** *Creodehydrating is an ancient technique that uses freezing and thawing sections to obtain odorless, lightweight anatomical parts that are easy to use in anatomy labs. A pig lung was used. The main results were the lighter organ, darker and odorless. It was concluded that the cryodehydration process was efficient, low cost and easy to handle.*

2. ***Key-words:*** *creodehydration, lungs, swine*

## 3. INTRODUÇÃO

Há muito tempo se pesquisam formas para conservação de órgãos e sistemas a fim de que não sofram deterioração, assim, podendo manter a qualidade das peças e as estruturas. No processo de criodesidratação as peças são submetidas a congelamentos e descongelamentos, e a partir desta técnica é que se formam cristais de gelo na parede da célula, facilitando a saída de líquido intracelular e intersticial. Além disso, o volume do líquido congelado faz com que se crie microfissuras nos tecidos e facilite a saída de água no descongelamento da peça, tornando mais fácil o armazenamento.

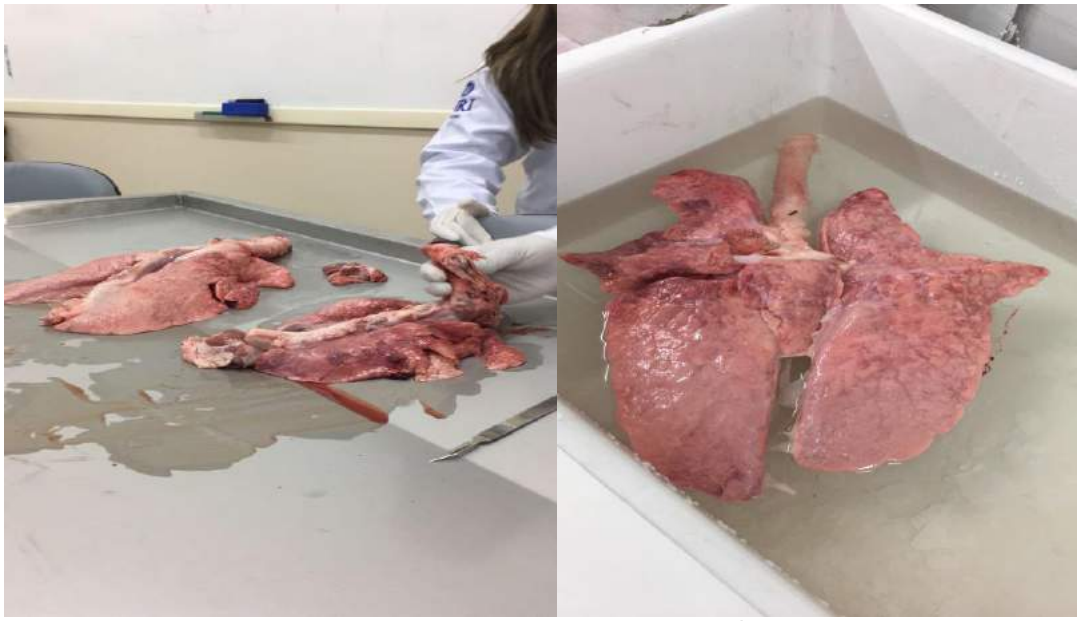
O ensino da anatomia, é de suma importância para todos os estudantes e profissionais da área da saúde, humana ou animal. É notável, a diversidade dos métodos de ensino, assim, levando mais qualidade e eficácia na hora de preparar os futuros profissionais. Atualmente, existem muitos recursos tecnológicos capazes de auxiliar na observação de estruturas corpóreas, visto que, na maioria das faculdades de medicina veterinária, a anatomia vêm tendo suas cargas horárias, reduzidas nos últimos anos, com isso há uma responsabilidade maior aos docentes em identificar e selecionar material didático de qualidade.

Existem várias técnicas para preservação de tecidos animais, por isso é necessário escolher a mais viável no momento da preparação, conservação e manutenção. Uma destas técnicas para a conservação de peças anatômicas é a criodesidratação sendo um importante procedimento, pois pode ser utilizada para auxiliar o estudo e o aprendizado de anatomia veterinária. Ela apresenta vantagens como fácil acondicionamento, baixo custo, durabilidade e leveza das peças. (KREMER, R., SCHUBERT, J.M. e BONFÍGLIO, N.S, 2011).

Na técnica de criodesidratação os tecidos se retraem porque perdem a água total da peça utilizada, mas isso não influencia no processo do trabalho. Esta perda de água, ao colocar a peça em formol, faz com que ela fique extremamente mais leve, tornando o transporte mais simples. Assim, será possível obter o órgão observando a sua dimensão e mantendo sua cor, posição e seu formato. (CURY, CENSONI, AMBROSIO)

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Material coletado no início do mês de agosto de 2018, no abatedouro da cidade de Jacutinga/RS. Primeiro, fez-se a limpeza e separação das vísceras que não fazem parte do sistema respiratório. Foram usados pulmões com pedaço da tranqueia de dois suínos: um de aproximadamente 120 dias e um mais jovem de aproximadamente 75 dias, sendo este o menor das amostras. Logo após, os pulmões foram colocados em solução de formol 10%, onde ficaram por três dias mergulhados. (Imagem 1)



(Imagem1) Material sendo limpo, separando o pulmão e a traqueia do restante das vísceras. Foto: Sabrina Bedendo, 2018.

Após três dias de repouso na solução de formol, o material foi retirado do liquido, lavado e colocado para congelar, com temperatura média de aproximadamente -16Cº por 3 dias, para que o processo tivesse continuidade foi retirado para descongelamento em temperatura ambiente de aproximadamente 25C° com intervalos de três dias até ser desidratado completamente (Imagem 2)

(Imagem 2 ) Material retirado da solução de formol e posto congelar na temperatura de -20°C por 3 dias Foto: Sabrina Bedendo, 2018.

(Imagem 3) Aspecto do pulmão após sessões de congelamento e descongelamento até a presente data. Foto: Daniel Carlos Bonet, 2018

## 5. RESULTADOS E ANÁLISES

A criodesidratação foi uma técnica de fácil manejo, com o objetivo de auxiliar nas práticas de ensino, para a visualização de órgãos em mãos.

Com o baixo custo, pode se considerar, uma técnica ambientalmente favorável, por que reduz a necessidade de aquisição e descarte do formaldeído.

O processo de criodesidratação pode ser feito com diferentes tipos de órgãos para estudos anatômicos, como por exemplo no sistema nervoso, independente da peça utilizada o processo será de baixo custo, fácil armazenamento e de longa duração.

Com o órgão congelado e a água no interior da célula formam-se cristais de gelo que rompem a membrana plasmática celular, que com a repetição de congelamento e descongelamento rupturas se abrem na parede e liberam água do tecido. Desta forma, facilita-se a visualização profunda dos órgãos. (ANTONIOLLI, PINTO, WEBBER, DEJAN, 2016). A técnica de criodesidratação dos pulmões suínos ainda está em fase de finalização, estando em processo de congelamento e descongelamento até a data final de entrega do artigo. (Imagem 3)

## 6. CONCLUSÃO

Concluímos que no processo de criodesidratação, pode-se observer que os pulmões ficaram mais enrijecidos, leves, mais secos e com a cor mais clara quando comparada a coloração natural ao ser retirada do animal, Assim conclui-se que a técnica de criodesidratação é eficaz para o estudo anatômico com baixo custo e excelente manuseio. Concluiu-se que a criodesidratação foi adequada como uma alternativa ao formol para conservação das partes utilizadas e tornou o estudo mais proveitoso. Com o resultado, as partes tornaram-se desidratadas devido aos processos congelamento e descongelamento e não sofreram alterações na sua constituição original, portanto, adequadas para a demanda no ensino-aprendizagem.

## 7. REFERÊNCIAS

ANTONIOLLI Elisa Coppini; PINTO Bruna Alana; WEBBER Amanda Ravizoni; DEJAN William da Silva. Criodesidratação do sistema nervosa.

CURY, F.S; CENSONI, J.B; Técnicas anatômicas no ensino da prática de anatomia animal. Disponível em: < http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1395-1.pdf> Acesso em: 17 de agosto de 2018.

KREMER, R; SCHUBERT, J.M; BONFÍGLIO, N,S. Criodesidratação de vísceras do canal alimentar no preparo anatômico para estudo veterinário. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/uploads/ed53acb01fa60080aafc71d546eca636.pdf>. Acessado em: 19 de agosto de 2018

MELO, C.S.M; SILVA S.F.P; ARTICULAÇÕES DESIDRATRADAS PARA AULAS DE ANATOMIA ANIMAL.

TEIXEIRA, A.; TEIXEIRA, A.F.; GUARENTI, V.P.J. Desidratação de músculos no preparo de peças anatômicas. Rev. bras. Ciên. Morfol., v.7/8, n.2/1, p. 45-47, 1990-1991.

CERETAL, Andressa Daronco; MIGLINO, Maria Angélica; MASSARI, Catia Helena de Almeida Lima; SCHOENAU, Luciana Silveira Flores. Tendências do Ensino de Anatomia Animal na Graduação de Medicina Veterinária. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gradmais/article/view/147906/141561>. Acesso em: 25 de agosto de 2018.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# UROLITÍASE EM FELINOS: UM ESTUDO DE CASO

**Patrícia Tussi**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
ptussi@gmail.com
**Bárbara Cappelletto Barbosa Nunes**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
barbara.nunes@unochapeco.edu.br
**Denise Michelon**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
denise_michelon@hotmail.com
**Rosana Carla Comandulli**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
rosanacomandulli@hotmail.com
**Daniela dos Santos de Oliveira**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
danielaoliveira@uricer.edu.br
**Mauro Antônio de Almeida**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
maurodealmeida@uricer.edu.br
**Amito José Teixeira**
URI Erechim, Av. 7 de setembro, 1621, Erechim-RS
amito@uricer.edu.br
**Rochele Romani**
Erechim-RS
**Rovana Romani**
Erechim-RS

***Resumo.***
*As doenças do trato urinário em felinos tem sido rotineiras nos atendimentos clínicos e ocorrem por uma gama de fatores que incluem nutrição inadequada, baixa ingestão de água e em alguns casos a própria propensão do animal. O estudo, aqui exposto, tem por objetivo relatar as afecções e os principais sinais clínicos apresentados por felinos com urolitíase, bem como descrever um caso com o intuito de enfatizar a importância de diagnóstico e tratamento adequados. Para tanto foi realizado o acompanhamento de um felino, fêmea, da raça Persa com possível quadro de urolitíase, no qual foi confirmado o diagnóstico pelos exames de raio X onde encontra-se visível o cálculo bem como uma discreta irregularidade na topografia do rim esquerdo. Após tratamento a base de diuréticos e recomendação dietética o felino expeliu o cálculo.*
***Palavras-Chave:*** *Bexiga, cálculos, oxalato, urólitos.*
***Abstract.***
*The diseases of the urinary tract in felines have been routine in the clinical care and occur by a several factors including inadequate nutrition, low ingestion of water and in some cases the own propensity of the animal. With the objective to verify the clinical changes, laboratory and ultrasonographic, the monitoring was performed of a feline with the possible presentment of urolitiase, in which the diagnosis was confirmed by ray-X where is visible the calculus as well as a slight irregularity in the topography of the left kidney. After treatment the diuretic base and dietary recommendation the feline expelled the calculation.*
***Keywords:*** *Bladde , calculations, oxalate, uroliths.*

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente número de felinos na sociedade brasileira e mundial tem inspirado cada vez mais os pesquisadores e clínicos a buscarem informações sobre doenças e comportamento destes animais. O número de proprietários conscientes das necessidades dos felinos tem crescido muito, isso demanda maior atendimento nas clínicas veterinárias e obriga o clínico a procurar por mais informações (NEVES, WANDERLEY, PAZZINI, 2018). Apesar do número de

médicos veterinários especializados ainda ser reduzido, têm-se avançando muito no estudo e tratamento de doenças em felinos, dentre estas, destaca-se a Urolitíase, que constitui um dos problemas clínicos mais frequentes. Urolitíase é um termo geral, que se refere à presença de cálculos em qualquer parte do trato urinário (MERCK, 2013).

Segundo Norsworthy (2009) *apud* Rosa (2018), um urólito é uma massa com aspecto de pedra, composto de uma pequena quantidade de matriz orgânica (geralmente material mucóide) e uma grande quantidade de material cristalino (cristaloides orgânicos e inorgânicos). Os urólitos podem se formar nos rins, ureteres, bexiga ou uretra, sendo denominados nefrólitos, ureterólitos, urocistólitos e uretrólitos, respectivamente (MERCK, 2013), de acordo com a localização no trato urinário e o tipo de mineral presente. Os urólitos dos cães e gatos ocorrem com maior frequência na bexiga e uretra.

De acordo com o tipo mineral os mais comumente observados são os urólitos de estruvita, também conhecida como fosfato amônio magnesiano e os de oxalato de cálcio (monohidratado e diidratado), representando cerca de 80% a 90% das ocorrências clínicas. Ainda podem ser encontrados urólitos de urato (urato amônio, ácido úrico ou sais de urato) e, mais raramente, os de xantina, fosfato de cálcio, cistina e sílica (GOMES, 2018). Estes sedimentos sólidos ou cálculos são formados a partir de falhas na excreção de metabólitos corporais pela urina, havendo acúmulo de precipitados, dentre eles, os cristais (CHEW, 2001 *apud* ROSA 2018).

A composição dos cálculos pode refletir o tipo de dieta que o animal recebe. Portanto, alimentos ricos em fosfato, ingestão de plantas contendo oxalato, deficiência de vitamina A e dietas comerciais ricas em magnésio, podem predispor em gatos, à formação de cálculos de estruvita, que em associação com o processo inflamatório, desencadeia a síndrome urológica felina, que se caracteriza por disúria, hematúria e obstrução uretral em machos.

Há uma série de fatores que contribuem para a formação dos urólitos, como o pH da urina, consumo reduzido de água e tipo de dieta do animal. A supersaturação da urina com sais, combinada a um alto aporte de minerais e proteínas na dieta é um dos fatores primários para formação de cálculos (GRAUER, 2015).

O gênero do animal também é um fator a ser avaliado, sendo que os machos apresentam uma uretra longa com diâmetro pequeno, o que facilita a obstrução por pequenos cálculos. Já as fêmeas apresentam uretra mais curta e com maior diâmetro, fator que pode facilitar a formação de cálculos únicos e grandes na bexiga (GRAUER, 2015).

Também precisa ser levado em conta fatores como a alta concentração de cristalóides na urina. A diminuição na concentração de inibidores da cristalização urinária, o pH favorável e a infecção também estão diretamente relacionados (CASTRO, 2005 *apud* RICK, 2017).

Os urólitos são classificados de acordo com a composição dos cristais e conhecer a composição do urólito é importante, já que os métodos modernos de detecção, tratamento e prevenção são baseados principalmente nessas informações (KAUFMANN, 2011 *apud* RICK, 2017).

O estudo, aqui exposto, tem por objetivo relatar as afecções e os principais sinais clínicos apresentados por felinos com urolitíase, bem como descrever um caso com o intuito de enfatizar a importância de diagnóstico e tratamento adequados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Chegou para atendimento em uma clínica veterinária localizado na cidade de Erechim/RS, um felino, fêmea, da raça Persa, com 4 (quatro) anos de idade e pesando 3,045 kg. Fora relatado pela proprietária que o animal estava apresentando agitação e dificuldades para urinar.

Durante a anamnese, foi observado que ao urinar no jornal era possível detectar alguns cristais juntamente com uma pequena quantidade de urina, sendo então encaminhada para realização de exames clínicos e laboratoriais, bem como ultrassonografia.

## 3. RESULTADOS

As doenças relacionadas ao trato urinário em felinos têm sido recorrentes nos últimos anos, isso porque boa parte dos casos está relacionada à inadequada nutrição animal (SANTOS, 2011). No caso do felino em atendimento, o proprietário fornecia restos de comida, ração comum e petiscos, tornando-se assim uma das principais causas da presença de cálculos em felinos.

Através do hemograma e do perfil bioquímico foi considerado dentro da normalidade, segundo os padrões de análise e de acordo com a literatura, como:

- Leucócitos: 15,7 /uL, Linfócitos: 2,6 /uL,, Granulócitos: 12,2 /uL, Eritrócitos: 9,16 /uL, Hemoglobina: 12,4/dL, Hematócrito: 28,6%, VCM: 31,3 fL, CHCM: 43,3 g/dL, Plaquetas: 431 /uL, Linfócitos: 49% Relativo, 7693 /uL.

A avaliação dos valores bioquímicos séricos pode se tornar útil para identificar alterações subjacentes responsáveis pela formação dos urólitos (RICK ,2017). No caso do felino em atendimento, os valores bioquímicos apresentados são:

- ALT/TGP: 32 UI/L, Creatinina: 057mg/dL, Glicose: 123 mg/dL, Uréia: 32 mg/dL.

Também foram realizados exame ultrassonográfico e raio X, onde constatou-se urolitíase felina.

Na ecografia realizada observou-se, conforme Figura 1, a presença de urolitíase localizado na região da bexiga, além de uma discreta irregularidade na topografia habitual do rim esquerdo, de acordo com a Figura 2.

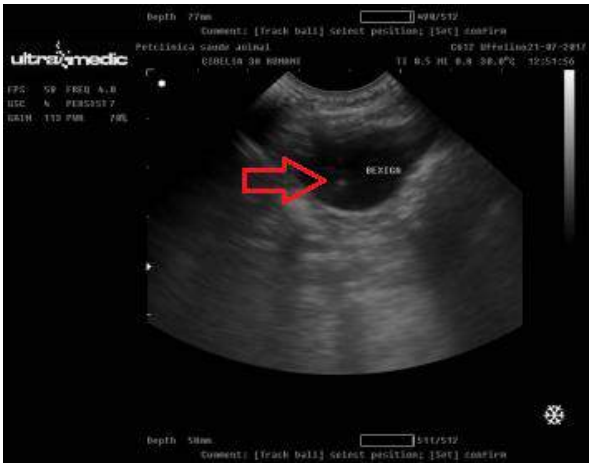



Figura 1 – Ecografia da bexiga do felino.

Figura 2 – Ecografia do rim do felino.

Exames de urinálise, cultura urinária, radiografia e ultrassonografia tornam-se necessários para diferenciar os urólitos de infecções do trato urinário, neoplasias, pólipos, coágulos sanguíneos e anomalias urogenitais. O método mais eficaz para avaliar a composição do urólito e posteriormente indicar qual terapia será mais efetiva é a análise qualitativa (ETTINGERAND e FELDMAN, 2004). Dentre os achados laboratoriais, gatos com anomalias porto vasculares podem revelar redução de concentrações séricas de ácido úrico, ácidos biliares e hiperamonemia (KAUFMANN, 2011 *apud* RICK, 2017).

O tipo de cálculo urinário mais comum encontrado nas espécies domésticas é o oxalato de cálcio, onde, dietas pobres em cálcio podem predispor à formação de cálculos, devido ao aumento da reabsorção óssea que resulta em concentração de hidroxiprolina, que é liberada pela degradação do colágeno da matriz óssea (SANTOS, 2011).

O diagnóstico seguro deve ser realizado em conjunto com a anamnese, exame físico completo, exames radiográficos, além de hemograma. Esses exames tornam-se a melhor ferramenta para uma identificação correta de urólitos, possibilitando um tratamento efetivo. O diagnóstico de urolitíase envolve o histórico do paciente, exame físico, achados laboratoriais e exames de imagem (GRAUER, 2015). Em relação à suspeita de urolitíase, a avaliação de pH urinário, da cristalúria, da densidade e se as infecções quando presentes são causadas por bactérias produtoras ou não de ureases estão entre as principais informações que devem ser analisadas (KAUFMANN, 2011 *apud* RICK , 2017).

Foi indicado tratamento a base de diuréticos e dieta prescrita, após foram realizados novos exames onde observou-se melhora no animal, pois o mesmo expeliu o cálculo. Também foi aconselhado ao proprietário o uso de rações de tratamento apropriados, bem como suprimir o fornecimento de restos de comida e petiscos, evitando assim a formação de novos cálculos, conforme Santos (2011), que salienta que a forma mais eficaz de tratar a urolitíase ainda é o controle dietético, no qual deve-se utilizar rações terapêuticas específicas para cada tipo de urólito. A partir do uso de rações terapêuticas específicas, observa-se uma diminuição na incidência de formação de novos cálculos,

proporcionando assim, um controle seguro da enfermidade, uma melhor qualidade de vida para o animal e uma maior tranquilidade aos proprietários.

Reforça-se que a nutrição correta tem um papel importante na prevenção da doença. Recomenda-se ainda, aumentar a ingestão de água para promover a formação de uma urina pouco concentrada em minerais calculogênicos.

## 4. CONCLUSÃO

Foi possível através de Exames Bioquímicos, Raio X e Ultrassom detectar Urolitíase em um felino. Após o tratamento foi observado melhora do animal, pois o mesmo expeliu o cálculo.

## 5. REFERÊNCIAS

Ettinger, S., Feldman, E., 2004. Tratado de medicina interna veterinária: doenças do cão e do gato. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

Gomes, V. da R., 2018. Caracterização clínica, laboratorial e da composição de urólitos em felinos. In "*Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, 2018".* Ago., 2018. https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/8281/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Veridiane%20da%20Rosa%20Gomes%20-%202018.pdf

Grauer, G., 2015. Manifestações clínicas dos distúrbios urinários - Urolitíase canina. In: Nelson, A. W. & Couto, C. G. (eds.) "*Medicina Interna de Pequenos Animais".* Elsevier Editora, Rio de Janeiro.

MANUAL Merck de Veterinária, 2013. 10.ed. São Paulo: Roca.

Neves, L, Wanderley, M. C. Pazzini, J., 2011. Doença do trato urinário em gatos (*feliscatusdomesticus, linnaeus, 1758*) atendidos em clínicas veterinárias da região de Ribeirão Preto – SP. Ago., 2018. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3988825.pdf>..

Rosa, P. P, da., 2013. Urolitíase causada por oxalato de cálcio em Felinos. Ago., 2018. <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/95061/000917281.pdf?sequen >.

Rick, G.W.et.al., 2017. Urolitíase em cães e gatos. In "*Pubvet – Medicina Veterinária e Zootecnia!*. v.11, n.7, p.705-714, Jul.

Santos, R. de L., Alessi, C.A., 2011. "Patologia Veterinária". Roca, São Paulo.

## 6. RESPONSABILIDADE

O texto e as imagens presentes neste artigo são de responsabilidade dos autores.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE BEBIDAS LÁCTEAS FERMENTADAS COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE ERECHIM – RS

**Cassiane Marini Garbin**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Erechim
R. Domingos Zanella, 104 – Três Vendas, Erechim – RS
cassiane.m@hotmail.com
**Leonardo Souza Rosa**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Erechim
R. Domingos Zanella, 104 – Três Vendas, Erechim – RS
leonardo.souza@erechim.ifrs.edu.br

***Resumo.*** *O trabalho teve como objetivo caracterizar bebidas lácteas fermentadas comercializadas em Erechim - RS, a partir da análise de parâmetros físico-químicos de qualidade. Para tanto, em agosto de 2018, foram coletadas aleatoriamente amostras de duas marcas de bebida láctea sabor morango onde se avaliaram os parâmetros físico-químicos: pH, proteína, gordura, extrato seco total, massa específica e sinérese. Os valores médios encontrados para os parâmetros analisados na marca A foram: pH (4,37), proteína (1,53%), gordura (1,96%) Extrato Seco Total (15,16 %) e massa específica (1,064 g.cm$^{3-1}$) e sinérese (55,04%), já na marca B, obtiveram-se os seguintes valores: pH (4,22), proteína (1,94%), gordura (2,81%), Extrato Seco Total (14,74 %), massa específica (1,053 g.cm$^{3-1}$) e sinérese (68,47%), indicando que a marca A não atendeu ao parâmetro proteína estabelecidos no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de bebida láctea. Constatou-se também que os parâmetros mínimos de qualidade de bebidas lácteas estabelecidos pela legislação vigente não são suficientes para garantir um produto seguro ao consumidor, pois não existem parâmetros capazes de indicar a proporção de soro de leite adicionada na bebida láctea.*
***Palavras-chave:*** *Bebida láctea, Padrão de Identidade e Qualidade, proteína*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a busca da qualidade de vida e o aumento da preocupação com a saúde, o consumidor está buscando cada vez mais categorias de produtos com um maior valor agregado. Isso leva este consumidor a procurar no mercado alimentos inovadores, saudáveis, seguros, práticos e com alguma propriedade funcional. Alguns lácteos, como iogurte e bebida láctea, contem ingredientes que são benéficos à saúde, promovendo assim, bem estar, além de contribuírem na prevenção de algumas doenças.(Rai e Bai, 2017)

De acordo com Souza (2015), a bebida láctea pode ser considerada um substituto do iogurte, sendo facilmente confundida pelo consumidor que não conhece as características deste alimento. Este tipo de produto surgiu como uma alternativa ao iogurte, apresentado preço atrativo, mas com características sensoriais comuns, devido à semelhança entre eles.

O termo “bebidas lácteas” tem sentido amplo e pode englobar uma série de produtos fabricados com leite e soro. Bebida láctea é o produto lácteo resultante da mistura do leite (in natura, pasteurizado, esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro de leite (líquido, concentrado ou em pó) adicionado ou não de produto(s) alimentício(s) ou substância alimentícia, gordura vegetal, leite(s) fermentado(s), fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos. A base láctea representa pelo menos 51% (cinqüenta e um por cento) massa/massa (m/m) do total de ingredientes do produto (Brasil, 2005).

As bebidas lácteas podem conter em sua formulação, além do soro, do leite e dos cultivos de bactérias lácticas já tradicionais, acidulantes, aromatizantes, reguladores de acidez, estabilizantes, espessantes, emulsificantes, corantes, conservantes, pedaços, polpa ou sucos de frutas e mel (Brasil, 2005).

Por conter soro de leite (subproduto da indústria de laticínios), sua composição apresenta grande quantidade de proteínas de alto valor biológico (alfa lactoalbulina, beta lactoalbulina, albumina e imunoglobulinas) e lactose, possuindo assim, quantidades adequadas de aminoácidos essenciais e boa digestibilidade (Nero, Da Cruz e Bersot, 2017).

De acordo com Recchia (2014), percebe-se um aumento na produção de bebidas lácteas elaboradas a partir de soro de leite entre outros ingredientes. Esse aumento deve-se a uma imagem saudável do produto, seu alto valor nutritivo, sabor refrescante e principalmente o baixo custo.

Segundo Castro (2012), o uso do soro para produção de bebidas lácteas torna-se uma alternativa interessante, pois é uma fonte de nutrientes, como, cálcio, proteínas e vitaminas solúveis, apresentando assim, diversos benefícios à saúde humana, como aumento da saciedade e função antimicrobiana.

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas define que quanto ao tratamento térmico, as bebidas lácteas podem ser do tipo pasteurizadas, com vida de prateleira de aproximadamente 30 dias sob refrigeração, a fim de garantir suas propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, ou UHT com vida de prateleira de até 120 dias à temperatura ambiente.

Vários fatores contribuem para o fim da vida de prateleira das bebidas lácteas como alterações de propriedades físico-químicas, mudanças na aparência e textura, devido à acidificação e sinérese, que podem ocorrer devido ao excesso de fermentação, desbalanceamento do fermento e temperatura de incubação durante o processo. A sinérese é a separação do soro dos demais sólidos presentes no leite, que ocorre durante o armazenamento de bebidas lácteas

Conforme Costa, *et al* (2013), o soro é um resíduo de alto valor biológico e baixo valor comercial, que gera um grande impacto ambiental quando descartado sem o devido tratamento. Visto isso, o seu reaproveitamento, além de contribuir diminuindo os problemas ambientais, pode proporcionar lucro as indústrias.

Em face disso este trabalho tem como objetivo caracterizar bebidas lácteas pasteurizadas comerciais sabor morango a partir da determinação dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, gordura, proteína, extrato seco total (EST), massa específica e sinérese.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Amostragem e Coleta das amostras de Bebidas Lácteas

Inicialmente no mês de Agosto de 2018, foram coletadas aleatoriamente amostras de bebidas lácteas sabor morango de duas marcas distintas, que estavam acondicionadas em balcões refrigerados (5 – 7°C), nos estabelecimentos comerciais de Erechim - RS. As amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas e encaminhadas ao Laboratório de Análises Físico-Químicas do Leite e Derivados do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Câmpus Erechim.

### 2.2 Determinações Físico-Químicas

Os parâmetros de qualidade das bebidas lácteas foram avaliados através das determinações de pH, gordura, proteína, extrato seco total (EST), massa específica e sinérese.

O parâmetro pH foi determinado conforme potenciômetro marca Tecpon modelo MPA 210. A determinação de extrato seco total foi realizada em balança determinadora por infravermelho marca Marte modelo ID 200.

Mediante o método de picnômetria foi determinada a massa específica, onde inicialmente pesava-se o picnômetro vazio e posteriormente com a amostra, diminuindo o valor do picnômetro. A massa obtida era então dividida pelo volume já conhecido, obtendo a massa específica.

No índice de sinérese seguiu-se a metodologia proposta por Farnsworth *et al.* (2006), na qual inicialmente pesam-se 15 g de amostra, após acondiciona-se a amostra em banho termostatizado a 25°C e na sequência centrifugada por 10 minutos a 3000 rpm.

Segundo o método de Gerber foram determinados os percentuais de gordura, onde inicialmente em um butirômetro foram medidos 10 mL de ácido sulfúrico, 11 mL de iogurte e 1,0 mL de álcool isoamilíco. Após homogeneização, a mistura foi centrifugada por 5 minutos a 1200 RPM em centrifuga de Gerber. A seguir os butirômetros foram imersos em água a 65ºC por 3 minutos, sendo o teor de gordura visualizado conforme menisco inferior da escala (Brasil, 2006). Todas as determinações físico-químicas foram realizadas em triplicata.

### 2.3 Análise Estatística

O tratamento estatístico dos dados experimentais foi efetuado segundo o software Estatística 8.0 nos módulos de estatística básica e ANOVA.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 estão expressos os resultados das determinações analíticas físico-químicos das bebidas lácteas correspondentes às diferentes marcas avaliadas, os quais foram comparados com aqueles estabelecidos pela legislação vigente. Entretanto, salienta-se que a Instrução Normativa n.º 16, de 23 de agosto de 2005, não apresenta nenhuma regulamentação para outros parâmetros físico-químicas, a não ser para a que afere o teor de proteínas e gordura.

Tabela 1: Valores médios experimentais dos parâmetros físico-químicos de bebidas lácteas sabor morango

| Parâmetros | Marcas | | |
|---|---|---|---|
| | A | B | Legislação Vigente* |
| pH | $4,37^{a}$±0,066 | $4,22^{b}$ ±0,032 | - |
| Proteína (%) | $1,53^{b}$ ±0,104 | $1,94^{a}$ ±0,081 | 1,7 |
| Gordura (%) | $1,96^{b}$ ±0,115 | $2,81^{a}$ ±0,121 | 2,0 |
| Extrato Seco Total (%) | $15,16^{a}$ ±0,545 | $14,74^{b}$ ±1,221 | - |
| Massa Específica ($g.cm^{3-1}$) | $1,064^{a}$ ±0,015 | $1,053^{b}$ ±0,009 | - |
| Sinérese (%) | $55,04^{b}$±0,375 | $68,47^{a}$±0,481 | - |

Onde: a, b: Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si (p>0,05); n=3;
* Instrução Normativa n.º 16, de 23 de agosto de 2005.

Segundo Silva *et al.* 2014, Gerhardt, 2013 e Castro, 2012, há uma grande controvérsia quanto ao valor ideal de pH em bebidas lácteas fermentadas, atualmente os valores mais aceitos pela comunidade científica são pH 4,0 a 4,6 e acidez variando entre 0,9 a 1,3% ácido láctico, assim, os valores experimentais obtidos neste estudo 4,19 a 4,43, apresentam-se dentro da faixa aceitável, obtendo-se para a marca B, valores inferiores a marca A.

Segundo Bylund, 2015, tais diferenças podem estar relacionadas ao tipo e à concentração de cultura láctea utilizada, à atividade desta cultura, ao valor estabelecido para finalizar a fermentação e à quantidade de soro de leite utilizada na elaboração das bebidas lácteas.

Os valores de pH encontrados para as marcas A e B foram de 4,37 e 4,22 respectivamente, embora existam diferenças estatisticamente significativas (p>0,05) entre os valores, os mesmos são considerados aceitáveis.

Castro (2012), analisando quatro amostras de bebidas lácteas comerciais encontrou valores entre 4,1 e 4,6, que após dias de estocagem refrigerada, reduziram devido a produção de ácido lático e ácido acético. Segundo Schlabitz (2014) o aumento do pH pode ser indicativo de biodegradação de proteínas, que resultam em amônia. Gutierrez, Zibordi e Souza. (2012) encontraram valores de pH entre 4,43 a 4,78 em bebidas lácteas produzidas com soro de ricota adicionada de colágeno.

Em relação ao parâmetro gordura, foram constatadas diferenças significativas entre as marcas analisadas, sendo a marca B aquela cujos resultados foram superiores, considerando-se o desvio padrão verificado na marca A, os valores obtidos experimentalmente para este parâmetro apresentam-se em conformidade com a legislação vigente. Sousa, Fernandes e Fernandes (2015), durante a caracterização de bebidas lácteas pasteurizadas com adição de ferro, obteve resultados similares para gordura (2,07±0,041).

Os valores experimentais obtidos para o parâmetro proteína variaram entre (1,43 e 2,02%) e demonstraram a existência de diferenças significativas (p < 0,05) entre os valores experimentais encontrados nas distintas marcas, verificando-se que a marca A não atende ao valor mínimo estabelecido de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de bebidas lácteas, o qual preconiza um mínimo de 1,7% de proteína.

Castro (2012), em um trabalho semelhante, encontrou valores de proteína entre 1,66 e 2,52%. Na avaliação de proteína em amostras de bebidas lácteas comerciais, Souza (2015) encontrou valores entre 1,80 a 3,81% de proteína.

O teor de extrato seco total das bebidas lácteas fermentadas está diretamente relacionada com a sua estabilidade, qualidade e composição. A umidade das bebidas lácteas fermentadas apresentaram valores de 79,69%, sendo a bebida láctea elaborada basicamente a partir de leite fluido e soro, os quais apresentam em torno de 12% e 7% de sólidos totais respectivamente, os valores encontrados neste trabalho podem ser considerados normais, pois também foram similares aos obtidos por Farias e Lima, 2006, cujos valores foram 18,52% e 17,42%, respectivamente.]

Segundo Kilara e Chandan (2017), a massa específica de bebidas lácteas é outro parâmetro de grande importância tecnológica pois apresenta relação direta com o extrato seco total e umidade. Atualmente no mercado de lácteos fermentados como as bebidas lácteas, produtos com baixa viscosidade apresentam baixos índices de aceitação.

Os valores experimentais obtidos para o parâmetro massa específica, foram $1,06x10^{-3}$ $g.cm^{3\ -1}$ para a marca A e $1,08x10^{-3}$ $g.cm^{3\ -1}$ para a marca B, ambos estatisticamente iguais. Zuniga *et al.* (2015), destacam que os valores de massa específica podem variar conforme a temperatura da amostra.

Conforme Rigo *et al.*, (2016), a determinação de sinérese é um importante parâmetro indicativo de defeitos em bebidas lácteas, pois é indesejável, levando à deterioração da sua aparência e contração da coalhada. Em bebidas lácteas o gel formado após a fermentação é muito frágil, pois é formado somente pela rede de caseínas do leite coagulado, assim, quanto maiores as concentrações de soro de leite adicionada à formulação, mais frágil será o gel formado, resultando num maior grau de sinérese.

Os valores verificados para o parâmetro sinérese, expressos na Tabela 1, variaram entre 54%,7 e 68,8%, indicando que a bebida láctea da marca B apresentou maiores índices de sinérese, ou seja, menor estabilidade. Logo, considerando-se a análise dos resultados experimentais obtidos para os parâmetros pH, extrato seco total e massa específica, conforme discutidos acima, sugere-se que a bebida láctea da marca B apresenta maior proporção de soro de leite em sua formulação, entretanto, com base nos requisitos mínimos de qualidade estabelecidos no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas não se pode avaliar efetivamente se a proporção de soro de leite

utilizada corresponde a no máximo 49% do total de ingredientes, uma vez que, não existem requisitos capazes de indicar a proporção de soro de leite adicionada (Brasil, 2005).

## 4. CONCLUSÕES

Mediante os resultados obtidos a partir das condições experimentais acima descritas e considerando-se os parâmetros de qualidade estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de bebida láctea fermentada foi possível concluir que a marca A não atendeu ao padrão estabelecido pela legislação vigente para o parâmetro proteína, indicando a existência de uma não conformidade em seu Padrão de Identidade e Qualidade.

Como o regulamento não estabelece padrões para vários parâmetros físico-químicos considerados relevantes do ponto de vista da qualidade do produto, foram verificados indicativos de problemas associados à qualidade da bebida láctea fermentada proveniente da marca B devido existência de menores valores para os parâmetros extrato seco total e massa específica, associado a maiores valores de sinérese.

Desta forma percebeu-se que os parâmetros mínimos de qualidade de bebidas lácteas estabelecidos pela legislação vigente não são suficientes para garantir um produto seguro ao consumidor. Portanto, sugere-se que os parâmetros mínimos de qualidade sejam revisados e complementados, visando estabelecer parâmetros confiáveis que permitam avaliar de forma efetiva a qualidade físico-química deste produto.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus de Erechim pela concessão da bolsa de Iniciação Científica na modalidade BICTES.

## 6. REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 46, de 23 de outubro de 2007: Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados; 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Diário Oficial da União Seção 1, 14 dez., 2006.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Instrução Normativa nº 16 de 23 de agosto de 2005. Aprova Regulamento Técnico de identidade e Qualidade de Bebida Láctea. Diário Oficial da União Seção 1, 24 Agosto 2005.

Bylund, G., 2015. .*Dairy Processing Handbook***,** 2 st Edition, Tetra Pak Dairy Processing Handbook, 356 a 378 p.,

Castro, W. F., 2012. *Efeito da concentração de soro de quiejo na produção e qualidade sensorial de bebidas lácteas probióticas.* 2012. 161f. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, Campinas.

Costa, A. V.S.; Nicolau, E. S.; Torres. M. C. L.; Fernandes. P. R.; Rosa. S. I. R.; Nacsimento. R. C. 2013. *Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes.* 2013. Ciências agrárias. Londrina, v. 34, n 1. p. 209-226.

Farias, F. C.; Lima, L. D. S., 2006. *Elaboração de bebida pasteurizada a partir do soro do leite bovino com características funcionais e sabor fruta regional*. Universidade do Estado do Pará, Paragominas, 58p.

Farnsworth, J. P.; Li, J.; Hendricks, G. M.; Guo, M. R., 2006. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*. nº 65, p. 113-121.

Gerhardt, A.;Monteiro, B. W.; Gennari, A.; Lehn, D. N.; Souza, C. F. V., 2013. Características físico-químicas e sensoriais de bebidas lácteas fermentadas utilizando soro de ricota e colágeno hidrolisado. *Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes*, v. 68, n.390, p. 41-50, jan/fev.

Gutierrez, E. M. R.; Zibordi, G.; Souza, M. C. 2012 Avaliação físico-química e sensorial de leites fermentados probióticos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, v.67, n.384, p.22-29.

Kilara, A.; Chandan, R. C., 2017. *Elaboración de yogur y leches fermentadas*, 1° Edition, Editora Acribia, Zaragoza, Espanha, 35 a 67 p..

Nero, L. A.; Da Cruz, A. G.; Bersot, L. S., 2017. *Produção, Processamento e Fiscalização de Leite e Derivados*, 1° Edição, Editora Atheneu, São Paulo, 22 a 34 p.

Rai, V. R.; Bai, J. A., 2017. *Food Safety and Protection*, 3st Edition, Ed. CRC Press, New York, 320 a 329 p.

Recchia, B. R. G., 2014. *Desenvolvimento de bebida láctea fermentada a base de soro lácteo ácido: caracterização físico-química e reológica.* 2014. 100f. Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Rigo, E.; Badia, V.; Cavalheiro, D.; Matuela, B. P.; Morin, V. V.; Bianchi. A. E., 2016. Avaliação do Efeito da Adição de Transglutaminase na Sinérese e Atributos Reológicos do Iogurte de Leite Ovino com Calda de Mamão (*Carica papaya L.*). *Revista CSBEA* – v. 2, n. 1, p. 3 a 7.

Schlabitz, C., 2014. *Aplicação de soro de ricota na elaboração de bebida láctea fermentada funcional*. 2014. 145f. Dissertação Pós graduação – UNIVATES, Lajeado.

Silva, R. R. de.L.; Morais, H. M. B. R. de. M.; Martins, A. N. A.; Santos, D. da. C., 2014. Caracterização físico-química de bebida láctea fermentada sabor uva com adição de probióticos. *Agropecuária Técnica*, v35 (1): 208-212.

Sousa, C. S.; Fernandes, B. C. T. M.; Fernandes, P. H. S., 2015. Characterization of lactic drink pasteurized with added iron, *Revista Teccen*. 2015 Jan./Jun.; 08 (1): 27-32

Souza, T. S. P., 2015. *Caracterização físico-química de iogurte e bebida láctea fermentada*. 2015. 112f. Dissertação mestrado – IFRJ, Rio de Janeiro.

Zuniga, A. D. G.; Passos, M. B. A.; Paula, L. F.; Novais, T. S.; Nascimento, F. N. D. O. , 2015. Densidade e viscosidade de iogurte com extrato solúvel da amêndoa de coco babaçu (orgrignya phalerata mart.). *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.11 n.21; p. 2015.

## 7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
4th International Congress of Management, Technology and Innovation
October, 1st - 06, 2018 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

# PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE EMBUTIDOS CÁRNEOS FERMENTADOS

**Gabriela Smolinski da Silva**[1]
**Marlice Salete Bonacina**[1]
[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Área de Alimentos, Rua, Domingos Zanella, 104, Bairro Três Vendas, Erechim - Brasil
gabriela_smolinski@yahoo.com.br e marlice.bonacina@erechim.ifrs.edu.br

***RESUMO:*** *O objetivo deste estudo foi realizar a comparação entre o salame tipo italiano e a linguiça colonial, comercializados no município de Erechim-RS, em relação as características de cor, pH, acidez, umidade e aceitação sensorial. No mês de julho e agosto de 2018, nos supermercados da cidade de Erechim – RS, foram realizadas duas coletas de marcas diferentes de salame tipo italiano e de linguiça colonial. Os produtos foram encaminhados para o Laboratório do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Campus Erechim, para realização das análises físico-químicas e sensoriais. A partir dos resultados foi possível verificar que para os parâmetros de cor, houve diferença significativa (p<0,05) para a intensidade da cor vermelha (a*) e amarela (b*), e os valores variaram na faixa de 15,93 a 18,45 e 11,20 a 13,36 para a intensidade de a* e b*, respectivamente. O salame (Marca B) apresentou menor valor de pH (4,95) e diferiu significativamente das demais amostras. Enquanto que os valores de acidez, expressos em ácido lático, não apresentaram diferença entre as amostras de embutidos fermentados. Já o teor de umidade foi superior nas linguiças coloniais, parâmetro este que influenciou negativamente na aceitação sensorial das linguiças.*

***Palavras-chave****: Salame, Linguiça, Sensorial.*

## 1. INTRODUÇÃO

No setor cárneo a elaboração de embutidos possuí grande importância socioeconômica. Dentre estes produtos destaca-se os fermentados, os quais foram introduzidos no Brasil devido a colonização de imigrantes alemães e italianos, principalmente na região sul do país, onde encontraram como aliado um clima propício para a produção caseira que, com o passar do tempo, deu origem as pequenas fábricas (TERRA et al., 2004).

No Brasil são produzidos em maior quantidade os salames tipo Italiano, Milano, Húngaro e Salaminho (BRESSAN; PEREZ, 2001), e no Rio Grande do Sul o mais produzido e consumido é o tipo italiano. As características, de identidade e qualidade dos salames produzidos em nosso país, estão definidas na Instrução Normativa n° 22 de 31 de julho de 2000, a qual define oito tipos diferentes de embutidos fermentados. A mesma legislação define as características de Identidade e Qualidade da Linguiça Colonial, popularmente denominado salame colonial.

O processo de elaboração do salame e da linguiça colonial apresentam algumas diferenças, como por exemplo, as etapas de fermentação e maturação. A fermentação da carne, para obtenção da linguiça colonial, ocorre geralmente de forma espontânea, pela microbiota natural da carne in natura e do ambiente. Enquanto que para a elaboração do salame é realizado o emprego de culturas *starters* as quais favorecem a obtenção de produtos padronizados, principalmente em relação as propriedades sensoriais (ZOCCHE et al., 2011).

A padronização destes embutidos também é favorecida pelo controle da temperatura e da umidade relativa durante as etapas de fermentação e maturação do produto (CASABURI et al., 2007). No entanto, as linguiças coloniais geralmente são produzidas sem um controle rigoroso da temperatura e umidade relativa, resultando em produtos com características físico-químicas e sensoriais diferentes dos salames produzidos a nível de indústria.

Em virtude disso, o objetivo deste estudo foi realizar a comparação entre o salame tipo italiano e a linguiça colonial, comercializados no município de Erechim-RS, em relação as características de cor, pH, acidez, umidade e aceitação sensorial.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizou uma abordagem experimental e quantitativa. Para tanto, no mês de julho e agosto de 2018, nos supermercados da cidade de Erechim – RS, foram realizadas duas coletas de marcas diferentes de salame tipo

italiano e de linguiça colonial. Os produtos foram encaminhados para o Laboratório do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Campus Erechim, para realização das análises físico-químicas e sensoriais. As análises físico-químicas foram realizadas em triplicatas, e a avaliação sensorial foi realizada após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do IFRS sob o protocolo CAAE 79741517.9.0000.8024.

## 2.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS EMBUTIDOS FERMENTADOS

### 2.1.1 Medida da cor

A medida da cor dos embutidos cárneos fermentados foi realizada através da escala CIELAB (L*, a*, b*), utilizando um colorímetro portátil Konica Minolta, Chroma Meter CR-410. Foram obtidos os valores de luminosidade (L*), intensidade da cor vermelha (a*) e intensidade da cor amarela (b*) (FERREIRA, 2004).

### 2.1.2 Medida do pH

A determinação do pH das amostras de salame foi realizada de acordo com o método descrito pela (AOAC, 2012). Dez gramas de amostra foram pesados em um béquer e homogeneizada em 100mL de água destilada, agitou-se até as partículas ficarem uniformemente suspensas. O líquido foi utilizado para determinação do pH com leitura em pHmetro (marca Tecnopon, modelo mPA-210).

### 2.1.3 Determinação da acidez em ácido lático

A acidez foi determinada de acordo com o método descrito pela AOAC (2012). Para a análise, 25 mL da solução de pH, foi retirada e transferidas para erlenmeyer de 250mL. Foram adicionadas três gotas do indicador fenoftaleína 1%, e utilizado como titulante o NaOH.

### 2.1.4 Determinação da umidade

A umidade foi realizada de acordo com a metodologia descrita na (AOAC, 2012), conforme os seguintes procedimentos: Foram pesados 5 g das amostras de embutidos em cápsulas de alumínio previamente tarada. Após as cápsulas foram colocadas em estufa a 105°C durante 6 horas. Posteriormente foram colocadas em dessecador até a temperatura ambiente, para a realização da pesagem. Está operação de aquecimento e resfriamento foi repetida até obter peso constante.

## 2.2 Avaliação sensorial dos embutidos cárneos

A aceitação sensorial dos salames tipo italiano e das linguiças coloniais foi realizada por 100 consumidores, utilizando a escala hedônica hibrida de nove pontos, ancorada na região central e nos extremos com anotações verbais, sendo desgostei muitíssimo a esquerda, gostei muitíssimo a direita e indiferente ao centro (VILLANUEVA et al., 2005). As amostras foram servidas, em copos plásticos descartáveis e codificados, a temperatura ambiente, sendo a ordem de apresentação monódica e balanceada. Foi servido junto com as amostras água mineral e bolacha cream cracker.

## 2.3 Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, e todos os dados foram avaliados através da Análise de Variância (ANOVA), sendo que as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5%, utilizando o *Software Estatística 5.0.*

# 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Análise físico-química e sensorial de embutidos cárneos fermentados

Na Tabela 1, é possível verificar os valores médios obtidos nas análises físico-químicas para as diferentes marcas de salame e linguiça colonial. Conforme podemos observar, todos os dados apresentaram coeficiente de variação menor que 15%. Logo, segundo a teoria de probabilidade e estatística, a distribuição dos dados teve baixa dispersão (CORREA, 2003).

Analisando os resultados (Tabela 1), é possível verificar em relação aos parâmetros de cor que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as amostras para a luminosidade (L*). Apesar de não haver diferença, observa-se que ambas as marcas de salame tipo italiano apresentaram menor valor de L*, isso ocorre devido ao menor teor de umidade destes produtos, pois conforme Peres-Alvarez et al., (1999) o processo de secagem colabora com o decréscimo de L* na medida em que ocorre a concentração dos sólidos no produto pela desidratação, escurecendo o salame. Os valores de L* foram superiores aos encontrados por Cavenaghi e Oliveira (1999), os quais obtiveram valores variando entre 47,6 e 49,6 para seis marcas diferentes de salame tipo italiano.

Com relação a intensidade do vermelho (a*) observou-se diferença significativa (p<0,05) apenas entre uma das amostras de salame (Marca A) e a linguiça colonial (Marca D). O menor valor de a* para a linguiça pode ser devido ao maior teor de umidade e consequentemente menor tempo de maturação, pois conforme Zanardi et al., (2002) a maior intensidade da cor vermelha está relacionada com a maturação, pois a reação da mioglobina com o óxido nítrico no processo de cura forma o composto nitrosomioglobina, pigmento característicos de carne curada, onde o óxido nítrico está ligado ao ferro heme. Os valores obtidos neste estudo estão coerentes com os encontrados por Cavenaghi (1999) e Garcia et al., (2000), os quais verificaram valores de a* variando de 12,7 a 17,8 para salames italianos comercializados no Brasil, porém os valores obtidos foram menores que 24,8, verificado por Santa (2008).

Analisando os resultados de b*, verifica-se que houve diferença significativa (p<0,05) entre as distintas marcas de linguiça colonial e destas com as marcas de salame, as quais não diferiram entre si. O menor valor de b* encontrado nas amostras de salame se deve provavelmente ao aumento do consumo de oxigênio pelos microrganismos da cultura *starter*, a qual geralmente não é adicionada em linguiça colonial, e consequentemente, ao decréscimo de oximioglobina que contribui consideravelmente a diminuição do valor de b*. Além disso, a reação do óxido nítrico com a mioglobina para formar nitrosomioglobina também contribui consideravelmente para a redução de b* (PÉREZ-ALVARES et al., 1999).

Os resultados encontrados foram maiores que os verificados por Campagnol et al. (2007), os quais analisaram os valores de b* para salames sem cultura iniciadora adicionada e salames com a adição de cultura iniciadora, e verificaram que o primeiro obteve 7,8 e o segundo 7,4 para o parâmetro b*, sem apresentar diferença estatística. Já Casaburi et al. (2007) relataram valores maiores, que os encontrados neste trabalho, para embutidos fermentados secos, obtendo valor de 17,82 ao final do período de secagem.

Tabela 1: Valores médios parâmetros físico-químicos dos embutidos cárneos fermentados

| Parâmetros | Salame Marca A | CV (%) | Salame Marca B | CV (%) | Linguiça colonial Marca C | CV (%) | Linguiça colonial Marca D | CV (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L* | 51,48[a] | 4,59 | 52,61[a] | 8,95 | 54,08[a] | 3,78 | 52,90[a] | 5,76 |
| a* | 18,45[a] | 3,31 | 16,97[ab] | 11,42 | 17,72[ab] | 4,24 | 15,93[b] | 7,72 |
| b* | 11,50[c] | 1,18 | 11,20[c] | 10,26 | 12,30[b] | 0,83 | 13,36[a] | 2,59 |
| pH | 5,81[a] | 1,63 | 4,95[b] | 3,33 | 5,42[a] | 3,71 | 5,62[a] | 3,35 |
| Acidez (%) | 0,068[a] | 10,48 | 0,084[a] | 6,74 | 0,083[a] | 14,76 | 0,068[a] | 14,83 |
| Umidade (%) | 30,70[c] | 3,11 | 33,57[c] | 8,86 | 44,15[b] | 5,83 | 55,88[a] | 7,28 |

Letras iguais na mesma linha, não apresentam diferença significativa (p>0,05).
CV = Coeficiente de variação

Em relação a medida de pH, observa-se que o salame (Marca B) apresentou menor valor (4,95) e diferiu significativamente (p<0,05) das demais amostras. A variação no valor do pH ao comparar as duas amostras de salame pode ser devido ao tipo de cultura *starter* utilizada, pois conforme vários autores o decréscimo do pH durante o período de fermentação, e o leve aumento ao final da maturação dos salames variam dependendo do tipo de cultura *starter* utilizada (MAURIELLO *et al*., 2004; MACEDO *et al*., 2008; ARO-ARO *et al*., 2010; RUBIO *et al*., 2013). De acordo com Herranz et al., (2003); Durá et al., (2004) o aumento no valor do pH deve-se provavelmente a maior atividade proteolítica, com a formação de peptídeos, aminoácidos e compostos nitrogenados proteicos.

Além disso, a variação no pH final dos salames pode ser influenciada por diversos fatores. Como por exemplo o uso de diferentes aditivos, tais como o sorbato de potássio, pirofosfato de potássio e difosfato de potássio, os quais ocasionaram uma elevação no valor do pH à medida que a quantidade de aditivos adicionada foi aumentada (BOZKURT e ERKMEN, 2002).

Segundo Kim *et al*. (2012), o embutido fermentado seco tradicional apresenta pH final entre 4,8 e 6,2. Portanto, o pH dos salames tipo italiano encontra-se dentro desta variação, considerado normal para salames tradicionais segundo os autores.

A diferença no valor de pH do salame (Marca B) com as diferentes marcas de linguiça colonial pode ter ocorrido, pois segundo Sanz et al., (1997) em virtude dos salame serem produzidos com a adição de culturas *starter*, a redução do pH é mais significativa e estável, mesmo que a quantidade de bactérias lácticas no produto final seja similar. Isso ocorre devido à maior capacidade de acidificação das culturas starter em relação à microbiota nativa das linguiças.

Em salames fermentados produzidos por pequenas indústrias da França, o pH após a fermentação variou de 5,04 a 5,73, sendo que no produto final o valor do pH ficou entre 5,21 e 6,39 (LEBERT et al., 2007), corroborando os resultados obtidos neste trabalho.

Em alguns países, o valor do pH dos embutidos é um dos critérios utilizados para o controle de sua qualidade, entretanto, no Brasil, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Salame (BRASIL, 2000) não utiliza o valor do pH como parâmetro de controle (SANTA, 2008).

A acidez, expressa em ácido lático, não apresentou diferença significativa entre as amostras (p>0,05), porém observa-se que as amostras que apresentaram menor valor de pH obtiveram maior acidez. Entrtanto, os valores deste

trabalho são inferiores aos encontrados por Korel e Acton (2002), que apresentaram valor médio de acidez lática de 1,9% para salame tipo italiano. De acordo com Terra (1998) e Prandl (1994) as leveduras metabolizam o ácido lático reduzindo a acidez do embutido e melhoram o sabor por possuírem enzimas proteolíticas e lipolíticas.

Analisando os valores de umidade, verifica-se que não houve diferença significativa (p>0,05) entre as duas marcas de salame, e ambas atenderam a legislação (BRASIL,2000) pois não ultrapassaram o valor de 35% estabelecido. Já a linguiça colonial não possui definido pela legislação o teor de umidade, o que justifica a grande variação nos resultados obtidos entre as duas marcas, bem como o maior valor quando comparado ao teor de umidade encontrado para os salames. De acordo com Zanette (2010) a inexistência de valores mínimos de pH e máximo de umidade pode favorecer que patógenos se desenvolvam, tornando duvidosa a inocuidade do produto.

Segundo Terra et al., (2004) a umidade responde, em parte, pelas características sensoriais, pois as reações de lipólise e proteólise necessitam de meio aquoso para ocorrer, influenciando a cor, textura e firmeza do produto cárneo. Aspecto este que foi verificado nos comentários realizados pelos consumidores durante a realização da análise sensorial dos embutidos fermentados, pois os avaliadores destacaram os termos úmido, mole e flácido para a linguiça colonial (Marca D) a qual apresentou maior teor de umidade e menor aceitação (5,48), conforme podemos observar na Figura 1. Os consumidores ainda destacaram como aspecto negativo da amostra a cor, pois descreveram a mesma como pálida, corroborando os resultados obtidos neste estudo, em relação a intensidade da cor vermelha (a*) das amostras.

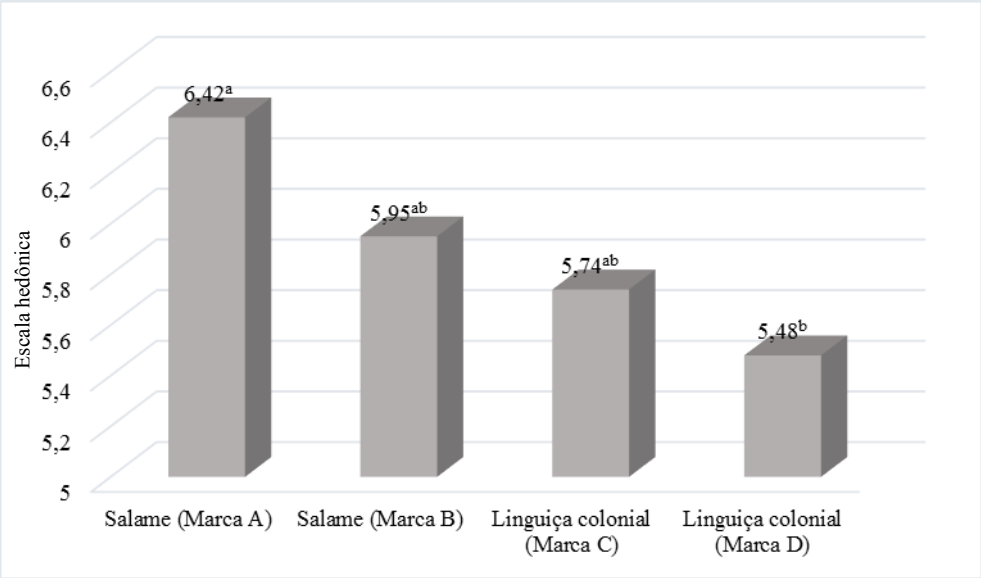



Figura 1: Média dos resultados obtidos no teste de aceitação sensorial
Medias com letras iguais não apresentam diferença significativa (p>0,05).

Comparando os demais resultados do teste de aceitação, observa-se que não houve diferença significativa (p>0,05) entre as duas marcas de salame e a linguiça colonial (Marca C), porém observa-se que as linguiças coloniais apresentaram menor valor médio quando comparado aos salames. Considerando os comentários descritos pelos consumidores, verifica que um dos fatores da menor aceitação das linguiças se deve ao teor de umidade, principalmente a Marca D. Além disso foi destacado como negativo o teor de gordura elevado da Marca C e a falta de homogeneidade na sua aparência, pois a amostra, segundo alguns avaliadores, apresentava o centro mais úmido aspecto este que desagradou alguns consumidores. Porém, alguns avaliadores destacaram como positivo o sabor suave e agradável da linguiça (Marca C). Já em relação aos salames, alguns consumidores destacaram como aspecto negativo a elevada intensidade de sal e de pimenta.

Segundo Pegg e Shahidi, (2004) a aceitação de produtos cárneos fermentados depende principalmente da textura do produto, bem como do sabor e aroma, oriundos de uma gama enorme de compostos presentes nos condimentos e na matéria-prima e/ou produzidos nas etapas de fermentação e maturação, aspectos estes que foram observados ao realizar o teste de aceitação dos produtos estudados. A partir destas informações e dos parâmetros físico-químicos dos embutidos fermentados, é possível propor melhorias no processo tecnológico, principalmente das linguiças colônias, visando obter produtos que melhor satisfaçam os consumidores.

## 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que os salames tipo italiano e as linguiças coloniais apresentaram características similares em relação a luminosidade e a acidez. Porém diferiram quanto a intensidade da cor vermelha, amarela, pH e umidade, parâmetros estes que influenciaram na menor aceitação sensorial das linguiças. Desta forma, torna-se importante buscar

alternativas para melhorar processo tecnológico das linguiças coloniais, principalmente as condições e o tempo de maturação, visando a obtenção de embutidos com maior aceitação sensorial pelos consumidores.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARO-ARO, J. M.; NYAM-OSOR, P.; TSUJI, K.; SHIMADA, K. I.; FUKUSHIMA, M.; SEKIKAWA, M. "The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages". *Food Chemistry*, v. 119, p. 279-285, 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. "Official methods of analysis**"**. 19. ed. *Maryland: [s.n.]*, 2012.

BRASIL. "Instrução Normativa n° 22 de 31 de julho de 2000". *Regulamento Técnico de Identidade de Qualidade de Salame. Diário Oficial da União*, Brasília, 2000.

BRESSAN, M. C.; PEREZ, J. R. O. "Tecnologia de Carnes e Pescados". *Lavras: UFLA/FAEPE*, 2001.

BOZKURT, H.; ERKMEN, O. "Effects of starter culture and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk)". *Meat Science*, v. 61, p. 149-156, 2002.

CAMPAGNOL, P. C. B.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N.; SANTOS, B. A.; FURTADO, A. S. "Salame elaborado com *Lactobacillus plantarum* fermentado em meio de cultura de plasma suíno". *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v 27, n.4, p. 883-889, 2007.

CASABURI, A.; ARISTOY, M. C.; CAVELLA, S.; DI MONACO, R.; ERCOLINI, D.; TOLDRÁ, F.; VILLANI, F. "Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures". *Meat Science*, v. 76, p. 295-307, 2007.

CAVENAGHI, A. V.; OLIVEIRA, M. N. "Influência de algumas características físico-químicas e sensoriais na qualidade de salame tipo italiano fabricado no Brasil". *Revista Nacional da Carne*, São Paulo, v.23, n. 263, p. 44-48, jan. 1999.

CORREA, S. M. B. B. "Probabilidade e Estatística*"*. 2ª ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

DURÁ, M. A.; FLORES, M.; TOLDRÁ, F. "Effect of Debaryomyces spp. On the proteolysis of dry-fermented sausages". *Meat Science*, Oxford, v. 68, p. 319-328, 2004.

FERREIRA, D.N. "Influência do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento e na qualidade da mussarela de reduzido teor de gordura feita por acidificação direta. 2004". *Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, UNICAMP*, Campinas.

GARCIA, F. T.; GAGLEAZZI, U. A.; SOBRAL, P. J. A. "Variação das propriedade físicas e químicas do salame tipo italiano durante secagem e fermentação". *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 3, n. 48, p. 151-158, 2000.

HERRANZ, B.; FERNÁNDEZ, M.; HIERRO, E.; BRUNA, J. M. ORDÓÑEZ, J. A.; de la Hoz, L. "Use of Lactobacillus lactis subs. cremoris NCDO 763 and α-ketoglutarate to improve the sensory quality or dry fermented sausages". *Meat Science*, Oxford, v. 66, p. 151-163, 2003.

KIM, I. S.; JO, C.; LEE, K. H.; AHN, D. U.; KANG, S. N. "Effects of low-level gamma irradiation on the characteristics of fermented pork sausage during storage". *Radiation Physics and Chemistry*, v. 81, p. 466-472, 2012.

KOREL, F.;ACTON, J. "Composition of fermented sausages in the USA retail market". *Fleischwirtschaft International,* Frankfurt, n. 4, p. 35-38, Nov. 2002

LEBERT, I.; LEROY, S.; GIAMMARINARO, P.; LEBERT, A.; CHACORNAC, J. P.; BOVER-CID, S.; VIDAL-CAROU, M. C.; TALON, R. "Diversity of microorganisms in the environment and dry fermented sausages of small traditional French processing units". *Meat Science*, v. 76, p. 112-122, 2007.

MACEDO, R. E. F.; PFLANZER Jr., S. B.; TERRA, N. N.; FREITAS, R. J. S. "Desenvolvimento de embutido fermentados por *Lactobacillus* probióticos: características de qualidade". *Ciência e Tecnologia de Alimentos***,** v. 28, n. 3, p.509-519, 2008.

MAURIELLO, G.; CASABURI, A.; BLAIOTTA, G.; VILLANI, F. "Isolation and technological properties of coagulase negative staphylococci from fermented sausages of Southern Italy". *Meat Science*, v. 67, n.1, p.149-158, May 2004.

PEGG, R. B.; SHAHIDI, F. "Nitrite curing of meat: the N-nitrosamine problem and nitrite alternatives". *Trumbull, USA: Food and Nutrition Press*, 2004. 280p.

PÉREZ-ALVAREZ, J. A.; SAYAS-BARBERÁ, M. E.; FERNÁNDEZ-LOPEZ, J.; ARANDA-CATALÁ, V. "Physicochemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausade". *Food Research International*, Amsterdam, v. 32, p. 599-607, 1999.

PRÄNDL, O. "Tecnología e higiene de la carne**".** *Zaragosa: Acribia*, 1994.

RUBIO, R.; AYMERICH, T.; BOVER-CID, S.; GUÀRDIA, M. D.; ARNAU, J.; GARRIGA, M. "Probiotic strains *Lactobacillus plantarum* 299V and *Lactobacillus rhamnosus* GG as starter cultures for fermented sausages". *Food Science and Technology*, v. 54, p. 51-56, 2013.

SANTA, O. R. S. "Avaliação da qualidade de salames artesanais e seleção de culturas starter para a produção de salame tipo italiano". 2008. 133 p. *Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federel do Paraná,* Curitiba, 2008.

SANZ, Y.; FLORES, J.; TOLDRA, F.; FERIA, A. "Effect of pre-ripening on microbial and chemical changes in dry fermented sausages". *Food Microbiology*, v. 14, p. 575- 582, 1997.

TERRA, N. N. "Apontamentos de Tecnologia de Carnes**"**. São Leopoldo: *UNISINOS*, 1998. 216 p.

VILLANUEVA, N. D. M. et al. "Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales". *Food Quality and Preference*. Barking, v 16, nº 8, p.691-703, 2005.

ZANARDO, E.; DORIGONI, V.; BADIANI, A.; CHIZZOLINI, R. "Lipid and colour stability of Milano-type sausages: effect of packing conditions". *Meat Science*, Oxford, v. 61, n.1, p. 7-14, May 2002.

ZANETTE, C.M. **"**Efeitos da adição de cultura *starter* bacteriocinogênica produzida por *lactobacillus plantarum* sobre *listeria monocytogenes* emlinguiça colonial". *Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná.* Curitiba, 2010.

ZOCCHE, F.; BARCELLOS, V.C.; BERSOT, L.S. "MICRORGANISMOS INDICADORES E *Salmonella* sp. EM SALAMES PRODUZIDOS E COMERCIALIZADOS NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ". *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*. v.5, n.1, p.336-345, 2011.